

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**IMPORTÂNCIA DA COMPATIBILIZAÇÃO DE
PROJETOS: ESTUDO DE CASO – PROJETO SPDA DE UMA
OBRA**

EVANDRO FRANÇA SILVA LOPES DE SOUZA

**ORIENTADORA: CLÁUDIA MARCIA C. GURJÃO
CO-ORIENTADOR: LEONÍSIO GAMBERO JUNIOR**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA
CIVIL**

BRASÍLIA – DF, 12 DE FEVEREIRO DE 2015.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

IMPORTÂNCIA DA COMPATIBILIZAÇÃO DE
PROJETOS: ESTUDO DE CASO – PROJETO SPDA DE UMA
OBRA

EVANDRO FRANÇA SILVA LOPES DE SOUZA

TRABALHO DE PROJETO FINAL SUBMETIDO AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

Cláudia Márcia Coutinho Gurjão, DSc (UnB)
(ORIENTADORA)

Cláudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira, DSc (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)

Valdirene Maria Silva Capuzzo, DSc
(EXAMINADOR EXTERNO)

DATA: BRASÍLIA/DF, de 12 de Fevereiro de 2015.

FICHA CATALOGRÁFICA

DE SOUZA, EVANDRO FRANÇA SILVA LOPES;

Importância da compatibilização de projetos: Estudo de caso – Projeto SPDA de uma obra. [Distrito Federal] 2015.

xii, - 82 p. (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2015)

Trabalho de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Planejamento e controle

2. Orçamento de obras

3. Instalações prediais

4. Gestão da produção

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DE SOUZA, E.F.S.L. (2015). **Importância da compatibilização de projetos: Estudo de caso – Projeto SPDA de uma obra.** Trabalho de Projeto Final, Publicação, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 94 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: EVANDRO FRANÇA SILVA LOPES DE SOUZA

TÍTULO DO TRABALHO DE PROJETO FINAL: **Importância da compatibilização de projetos: Estudo de caso – Projeto SPDA de uma obra.**

GRAU / ANO: Bacharéis em Engenharia Civil / 2015

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Evandro França Silva Lopes de Souza
SHIS QI 05 Conjunto 17 casa 05
CEP - 71615-170 - Brasília/DF - Brasil

RESUMO

A construção civil é uma atividade que envolve imensa gama de variáveis e se desenvolve em um ambiente particularmente dinâmico e mutável. Gerenciar uma obra adequadamente é um trabalho complexo, no qual encontra-se muita improvisação e tomada de rumos e decisões apenas por experiência na grande maioria dos canteiros de obra por todo mundo. O planejamento de uma obra é um dos principais aspectos do gerenciamento. Ao planejar, o engenheiro dota a obra de uma ferramenta importante para priorizar suas ações, acompanhar o andamento dos serviços, comparar o estágio da obra com a linha de base referencial e tomar providências em tempo hábil, quando algum desvio é notado. Um projeto é bem sucedido quando é executado nos prazos e nos orçamentos estimados, atendendo aos objetivos de qualidade especificados, e também atendendo às expectativas dos consumidores, no caso, moradores do prédio. Portanto, não basta apenas produzir dentro de custos e prazos, se seu produto não oferece qualidade e segurança, ou se os clientes não estão satisfeitos com o produto adquirido. A partir de levantamentos e estudos realizados, e uma ampla base teórica englobando planejamento de construção, foi desenvolvido o texto, com direcionamento final para instalações SPDA, e observou-se que tais instalações possuem valor irrisório dentro do orçamento da obra estudada no presente projeto. Além disso, são instalações de fácil execução, não conferindo grande importância temporal à obra. O grande foco do estudo acerca dessas instalações está ligado à vida de pessoas, ou seja, é algo necessário, independente de sua relevância em questões executivas ou financeiras. Desenvolveu-se um estudo detalhado de processos de planejamento e controle de obras, e assim obteve-se base conceitual para entender como a falha de projeto foi detectado e corrigido. O motivo da falha encontrada foi algo muito comum na prática da engenharia, falha na compatibilização de projetos. Realizando uma comparação com uma situação utópica onde o edifício estivesse concluído, e percebeu-se que os erros de projeto observados poderiam equivaler a 125 vezes o custo inicial designado para a atividade. Segundo a Regra de Sitter, é certo que o prejuízo seria bem maior. Ainda mais pelo fato de se tratar de um sistema de segurança, onde se leva em conta a vida de várias pessoas. Nesse sentido se conclui a importância da compatibilização dos projetos em todos os setores da construção civil.

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades. A Universidade de Brasília, pela oportunidade de fazer o curso dos meus sonhos. Aos meus orientadores pela paciência, e por terem guiado meu caminho durante esse projeto. Agradeço a minha futura esposa Mariana de Almeida Rocha Ximenes, por todo amor e incentivo transbordados, especialmente nos momentos mais difíceis. Agradeço a minha família por sempre estar presente me incentivando e apoiando. Em especial ao meu pai, Waldyr Lopes de Souza Jr., que despertou em mim a paixão pela engenharia e me fez querer seguir seus passos, e ao meu avô Evandro Pinto Silva (*in memoriam*), brilhante arquiteto e pessoa excepcional, que sempre será uma das maiores inspirações profissionais e pessoais para mim, independente de onde estiver, sempre estará comigo.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVOS.....	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	PLANEJAMENTO DE OBRAS.....	4
2.1.1	Projetos ou empreendimentos na construção civil	6
2.1.2	Sucesso de um Projeto.....	8
2.1.3	Fases e ciclo de vida de um projeto.....	8
2.1.4	Roteiro do Planejamento	11
2.1.5	Estrutura analítica do projeto (EAP)	11
2.1.6	Estimativa de duração das atividades.....	12
2.1.7	Dependência entre as atividades.....	14
2.1.8	Dimensionamento de equipes em função da duração	15
2.1.9	Identificação do caminho crítico a partir de diagramas de rede.....	15
2.1.10	Gráfico de Gantt	19
2.1.11	Linha de balanço (LDB).....	20
2.2	CONTROLE E ANÁLISE DE DESEMPENHO EM OBRAS	21
2.2.1	Características dos Sistemas de Controle.....	22
2.2.2	Padrões de referência.....	23
2.2.3	Curva ABC	24
2.2.4	Operacionalização do Controle de Obras.....	25
2.2.5	Controle de prazos e recursos, curva S.....	27
2.2.6	Controle de prazos.....	28
2.2.7	Controle de Mão de Obra	29
2.2.8	Controle de Materiais	29
2.2.9	Controle de Custos	29
2.2.10	Avaliação de desempenho	31
2.3	PRINCÍPIO DA MELHORIA CONTÍNUA, CICLO PDCA	32
2.3.1	Planejar.....	33
2.3.2	Desempenhar	34
2.3.3	Checar.....	35
2.3.4	Agir.....	35

2.3.5	Mecânica do ciclo PDCA	36
2.3.6	Grau de oportunidade da mudança em função do tempo	37
2.3.7	Regra de Sitter	37
2.4	FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS	39
2.4.1	Microsoft Project (MS Project)	40
3	SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)	42
3.1	MÉTODO DE FARADAY	46
3.2	CRITÉRIOS DA NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR-5419:2005	47
3.2.1	Classificação das instalações	47
3.2.2	Rede Captora de Raios	48
3.2.3	Aplicação da Norma a uma Edificação	50
3.2.4	Materiais utilizados em SPDA	52
4	METODOLOGIA	53
4.1	ESTUDO DE CASO	53
5	RESULTADOS OBTIDOS.....	56
5.1	ESTRUTURA ANALÍTICA DO ESTUDO DE CASO	56
5.2	PLANEJAMENTO DO ESTUDO DE CASO	58
5.3	ORÇAMENTO DO ESTUDO DE CASO COM FOCO PARA SPDA	64
5.4	EXEMPLO DE CONTROLE DO ESTUDO DE CASO	67
5.5	ESTUDO DETALHADO DO PROJETO DE SPDA	70
5.6	HIPÓTESE DE MUDANÇA DE PROJETO.....	75
6	CONCLUSÕES	79
	BIBLIOGRAFIA.....	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 - Ciclo de vida do projeto, segundo Mattos (2010).	10
Figura 2-2 - Exemplo de EAP da construção de uma casa (MATTOS, 2010).	12
Figura 2-3 - Atividades (A;B;C;D;E;F) e eventos (1;2;3;4;5) representados no diagrama de flechas.....	17
Figura 2-4 - Exemplo de diagrama com atividade fantasma para eliminar a duplicidade de código das atividades.....	17
Figura 2-5 - Caminho crítico de projeto, determinado pelas atividades A-B-D-F.....	18
Figura 2-6 - Cronograma de Gantt (MATTOS, 2010).....	19
Figura 2-7 - Exemplo de linha de balanço	21
Figura 2-8 - Curva ABC padrão. Valor de consumo em função da quantidade de itens.	24
Figura 2-9 - Curvas S padrão (PMBOK).....	28
Figura 2-10 - Ciclo PDCA	33
Figura 2-11 - Grau de oportunidade da mudança em função do tempo (MATTOS 2010).....	37
Figura 2-12 - Evolução dos custos pela fase de intervenção (Regra de Sitter).....	39
Figura 3-1 - Teste de continuidade das ferragens (Termotécnica ®).....	46
Figura 3-2 Danos causados por raios em um edifício	49
Figura 3-3 - Instalação de SPDA simplificada, gaiola de Faraday. (CLAUDIA M. C. GURJÃO).....	50
Figura 3-4 - Sistema de proteção aplicado a um prédio. (Termotécnica ®)	51
Figura 3-5 Materiais para instalações de para-raios.....	52
Figura 3-6 Haste de aterramento de cobre nú com conector.....	52
Figura 4-1 Edifício do estudo de caso	55
Figura 5-1 EAP do estudo de caso	57
Figura 5-2 - Exemplo de frequência efetiva diária.....	69
Figura 5-3 - Projeto de SPDA original para o 4º subsolo	70

Figura 5-4 - Projeto de SPDA original para o 13º pavimento, com terraço descoberto.....	71
Figura 5-5 - Caixa de inspeção para medir continuidade e resistividade do aterramento	73
Figura 5-6 - Detalhe retirado de projeto original sobre execução de aterramento	74
Figura 5-7 – Sugestão de reformulação de projeto para pavimentos com terraço descoberto .	75
Figura 5-8 – Sugestão de reformulação de projeto para malha do 4º subsolo (e pavimentos até o Pilotis)	76
Figura 5-9 Sugestão de mudança no aterramento e na medição de aterramento.	78

LISTA DE SÍMBOLOS

a – prazo mínimo

A – Ampère (corrente elétrica)

AF – atividade fantasma

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

b – prazo máximo

CPM - Critical Path Method (Método do Caminho Crítico)

CUB-DF/m² - Custo Unitário Básico do Distrito Federal

d – Defasagem ou adiantamento

du – duração

e - equipe

EAP – Estrutura Analítica do Projeto

Hh – Homem-hora

Im – Corrente Máxima

II – Início para Início

IP – Índice de Progresso

IT – Início para Término

Jt – jornada de trabalho

LDB – Linha de Balanço

m – prazo normal

MOC – quantidade de mão de obra consumida

MOP – quantidade de mão de obra prevista

P - produtividade

PERT - Program Evaluation and Review Technique (Técnica de Avaliação e Revisão de Programas)

PDCA – Planejar, Desempenhar, Checar, Agir.

Q – quantidade de serviço

QP – quantidade prevista de serviço

QR – quantidade realizada de serviço

R – Raio de Atração

SPDA – Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

te - tempo esperado

TI - Término para Início

TT – Término para Término

WC – *Water Closet* (banheiro)

σ - desvio padrão

Ω – resistência elétrica (Ohm)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 Exemplos de Classificação de Estruturas quanto ao Nível de Proteção (ABNT NBR-5419:2005).....	48
Tabela 1.2 Raio de Atração (R) em Função da Corrente (Im).....	49
Tabela 5.1 – Divisão do acabamento interno em grosso e fino.....	59
Tabela 1.3 Exemplo de planilha de planejamento estrutural do subsolo.....	60
Tabela 1.4 Exemplo de planilha de planejamento de pavimento tipo.....	61
Tabela 1.5 Exemplo de planilha de planejamento de acabamento interno grosso.....	62
Tabela 1.6 Exemplo de planilha de planejamento de acabamento interno fino.....	63
Tabela 1.7 Exemplo de planilha de planejamento de fachada.....	64
Tabela 5.7 - Levantamento de itens a serem utilizados nas instalações de SPDA.....	65
Tabela 5.8 - Levantamento de itens a serem utilizados nas instalações de SPDA.....	66

1 INTRODUÇÃO

A engenharia, na sua nomeação generalizada, como ciência que é, pode ser definida, talvez de forma sucinta, como sendo a arte de transformar recursos naturais em formas adequadas de produtos ao atendimento das necessidades humanas. A Norma Brasileira ABNT NBR 5679:1977 – Elaboração de Projetos de Obras de Engenharia e Arquitetura define Obra de Engenharia e Arquitetura como: “... o trabalho, segundo as determinações do projeto e as normas adequadas, destinado a modificar, adaptar, recuperar ou criar um ‘bem’, ou que ‘tenha como resultado qualquer transformação, preservação ou recuperação do ambiente natural’.” Atualmente, com o desenvolvimento e o progresso da engenharia em todos os campos das atividades humanas, a abrangência desse conceito se ampliou muito, podendo-se incluir também as atividades de conservação e operação de bens criados, bem como destruição de bens, ou restauração de bens, quando necessário. Porém, pode-se dizer que o conceito de planejamento, ou seja, prever possíveis acontecimentos dentro das mais distintas e abrangentes fases de execução de uma obra civil encontra-se intrínseco e onipresente em todas as atividades da engenharia, caso deseje-se obter sucesso no empreendimento, sucesso esse relacionado a prazos, custos, lucro e satisfação do cliente.

As obras de construção civil, de uma maneira geral, principalmente as de edificações, caracterizam-se pela grande variedade de serviços executados durante sua realização, serviços estes que utilizam materiais, equipamentos, ferramentas e profissionais em determinadas quantidades e variedade bastante significativa. Além da grande quantidade e variedade dos meios necessários a plena execução dessas obras, ainda há a necessidade de cumprimento de uma série de normas técnicas, especificações e imposições legais. Estas imposições frequentemente mudam ou precisam ser adaptadas de uma localidade para outra, em razão das características e necessidades próprias de cada situação. Sendo assim, fica bem clara a necessidade de gerenciamento de muitos recursos, informações e procedimentos simultaneamente, para que se consiga concluir uma obra atendendo plenamente não só as expectativas do cliente, mas também as imposições técnicas e legais nas quais a obra está sujeita.

No decorrer da construção de um empreendimento, a empresa responsável irá lidar com diversos desafios, e deve estar preparada pra encarar todos esses de maneira racional. Para um bom planejamento, é essencial ter organização de todos os produtos e serviços a

serem consumidos para a produção da obra, saber alojar estoques, com logística favorável, e quantificar os mesmos, para saber quando determinado material irá ser consumido, e assim antecipar pedidos para que a obra siga de acordo com o cronograma, ao mesmo tempo definindo as equipes ou contratando empreiteiros para os determinados serviços, e evitando sair do orçamento previsto para aquela atividade. O trabalho de um engenheiro de planejamento é se antecipar das possíveis ocorrências comuns em obras civis, buscando um plano realizado de maneira lógica e racional, baseado em levantamentos, cálculos e, sobretudo, em experiência profissional, a fim de buscar maior economia possível para a empresa, trabalhando com controle de qualidade sempre.

O sucesso na realização de qualquer obra civil está ligado a sua conclusão dentro do prazo pactuado e dentro do seu orçamento previsto e aprovado, razão pela qual o bom planejamento de uma obra, como um todo, torna-se mais que necessário, torna-se fundamental. Além disso, deve-se ter intrínseco nesse sucesso a noção de satisfação do cliente, controle de qualidade, pois, não basta o empreendimento ser entregue em tempo previsto, apresentar o custo previsto, gerar o lucro esperado pelo empreendedor, se não atender às expectativas dos clientes.

O desenvolvimento do projeto tomou como base um estudo de caso, trata-se de um edifício de uso misto, destinado a comércio no pavimento térreo e habitação nos pavimentos superiores, com entradas independentes. O terreno possui 2.646 metros quadrados, e é prevista uma área total construída de 29.721,13 metros quadrados para esse empreendimento.

Ao todo são 22 pavimentos destinados à residência, um pavimento térreo destinado ao acesso e uso comercial, um pavimento elevado destinado ao uso comum e lazer, um pavimento elevado destinado à garagem, quatro pavimentos em subsolo destinados à garagem e um pavimento destinado à casa de máquinas e ao reservatório de água elevado. Totaliza-se 217 apartamentos no empreendimento distribuídos em diversas configurações, além de 11 lojas. Possui reservação de água inferior e superior. Possui laje de subpressão para conter a água presente na região. A estrutura de toda obra se apresente em concreto armado moldado in loco, e foi concebida em laje maciça. Sua vedação é composta por blocos de concreto. De acordo com a planilha de orçamentos dessa obra, a parte correspondente a um dos objetos de estudo do presente projeto, é de 5,91% do custo total da obra, cerca de R\$ 2.442.867, dados de outubro de 2014, os quais são destinados a instalações elétricas/telefônicas/SPDA.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho é desenvolver um estudo detalhado sobre uma falha de projeto de um estudo de caso, identificada a partir de controle de obras, e com sugestão de mudança levantada a partir de conhecimentos técnicos na área. No caso do presente trabalho, o projeto estudado é o de instalações de proteção contra descargas atmosféricas, SPDA. Para isso, foi realizada uma vasta revisão bibliográfica acerca de planejamento e controle de obras objetivando fornecer embasamento técnico para revisão de projetos. Assim, foram definidos os seguintes objetivos específicos para almejar o foco principal do projeto:

- Realização do estudo de SPDA no estudo de caso;
- Planejamento do sistema global da obra;
- Levantamento de uma hipótese de mudança do projeto de SPDA da obra estudada;
- Avaliação do prazo de correção do projeto e sua influência no custo total da obra;
- Levantamento da importância de compatibilização dos projetos do estudo de caso;
- Conclusão do projeto mensurando os efeitos positivos alcançados pelo mesmo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PLANEJAMENTO DE OBRAS

Sabendo-se da grande gama de variáveis que envolvem a execução de uma obra de construção civil, ou qualquer projeto, de maneira geral, é de se esperar que o gerente não possua controle absoluto sobre tudo que envolve o projeto, portanto, há grande risco de não se ter sucesso previsto. Para que se consiga êxito na implantação de um projeto, as decisões não devem ser tomadas de forma improvisada, o gerenciamento do empreendimento precisa ser exercido de forma profissional, através de ferramentas úteis para isso, que serão desenvolvidas no decorrer desse capítulo.

Com relação a controle, tem-se que o seu conceito pode ser definido como um acompanhamento da implementação do projeto, no qual se deve avaliar e comparar periodicamente os resultados obtidos com o que foi planejado. Já fazendo uma ligação com o planejamento, a definição do nível e tipo de controle que será exercido durante a implementação de um projeto é extremamente importante para o planejamento. Caso haja segurança quanto à possibilidade de adoção de um sistema de controle eficiente, o planejamento pode prever soluções mais arrojadas, caso contrário, a equipe pode se ver obrigada a simplificar propostas, devido à insegurança quanto ao nível e eficiência do controle que será adotado.

A principal ferramenta de controle de obras considerada no escopo desse estudo foi o ciclo PDCA (Planejar, Executar, Checar e Agir corretivamente quando necessário).

Na construção civil, sempre vai haver necessidade de planejamento, pois será nesta fase de estudo do projeto que os objetivos e metas serão traçados, bem como será também onde se poderá prever boa parte das dificuldades e possíveis soluções a adotar durante a implantação do empreendimento.

O planejamento de qualquer empreendimento compreende uma série de aspectos, um roteiro bem definido e, precisa considerar uma série de fatores, que são determinantes para a definição de metas, procedimentos, e viabilidade. Segundo Figueiredo (2005), os fatores considerados mais importantes no planejamento de empreendimentos são apresentados a seguir.

- ✓ Prazo – o prazo disponível ou tempo para implantação de um projeto normalmente

é um dos fatores de maior preponderância no planejamento. Sua grande importância decorre devido a grande influência que tem e sofre de outros parâmetros importantes, como, por exemplo, custo, e, além disso, da necessidade de disponibilizar o empreendimento pronto em determinado prazo.

- ✓ Custos – a limitação de recursos financeiros geralmente é outra condicionante extremamente importante a ser considerada na execução de qualquer projeto, sendo que juntamente com o parâmetro prazo, uma dupla de condicionantes muito fortes, na verdade a dupla mais relevante num projeto, normalmente. Mais relevante tanto para o planejamento, quanto para o gerenciamento da implantação do projeto.
- ✓ Controle de qualidade – o padrão de qualidade que deve ser atingido pelo empreendimento em questão é um fator preponderante a ser considerado na fase de planejamento. A qualidade técnica objetiva garantir a entrega do produto tecnicamente bem elaborado e produzido com material adequado. Do ponto de vista de desempenho, o produto final deve ser adequado ao fim para o qual se destina, suas partes componentes devem compor um conjunto consistente e funcional.
- ✓ Satisfação do cliente – a garantia à satisfação do cliente é essencial para o sucesso de um empreendimento, haja vista que tão importante quanto disponibilizar um produto tecnicamente irretocável, ou seja, que desempenha sua objetivação técnica de maneira excelente, é que tal produto atenda as necessidades de quem irá utilizá-lo. As características desse produto podem estar expressas de forma explícita, nas cláusulas de um contrato, por exemplo, como podem estar implícitas, ou seja, características que nem sempre são expressas, porém sempre são esperadas, por serem consideradas normais e básicas, segundo a concepção do cliente.
- ✓ Suprimento – nesse aspecto devem ser consideradas todas as questões relativas ao fornecimento dos meios necessários para a execução de um projeto. Quando se analisa o abastecimento de uma obra deve-se considerar uma série de outros fatores, como por exemplo: localização da obra, condições de acesso, época de execução, diversidade de fornecedores, sazonalidade de recursos, etc.
- ✓ Comunicações – dependendo do tipo, vulto e localização da obra a comunicação pode ser um problema sério a considerar, ela tanto pode provocar dificuldades para o bom andamento dos trabalhos, como pode exigir investimentos significativos

para que se possa garantir a disponibilidade de um sistema de comunicações eficiente.

- ✓ Riscos – a análise dos riscos de um empreendimento deve considerar as consequências de mudança no cenário previsto, de modo que o plano do projeto seja favorável e possa absorver mudanças sem muito trauma. Os principais riscos aos quais um projeto normalmente está sujeito são os de atraso na conclusão, estouro de orçamento, aparecimento de problemas técnicos não previstos, atrasos de pagamentos, desabastecimento do mercado fornecedor, entre outros.
- ✓ Contexto do empreendimento – todo empreendimento pode e deve ser analisado como um subsistema em um contexto que engloba no mínimo a circunvinhança, os fornecedores, concessionárias de serviços essenciais, órgãos públicos, a comunidade e o cliente. O relacionamento com estes outros subsistemas e sua influência precisa ser estudado e considerado no planejamento.
- ✓ Meio ambiente – a cada dia que passa aumentam as exigências da sociedade no tocante a preservação do meio ambiente e não raro vê-se obras serem paralisadas ou multadas por não atenderem plenamente as exigências ambientais. Os impactos ambientais provocados pela obra precisam ser estudados e minimizados pela adoção de medidas mitigadoras, as quais precisam ser aprovadas previamente pelos órgãos ambientais e pela comunidade impactada. Portanto, o planejamento de uma obra não pode deixar de considerar esse importante elemento.
- ✓ Limitação de recursos - O grande desafio no planejamento de projetos é atender as obrigações obedecendo a limitação de recursos disponíveis. O gerente de projeto precisa encontrar a solução ótima, que é poder executar a obra em perfeita conformidade com as exigências, utilizando apenas os recursos disponíveis e no menor prazo possível.

2.1.1 Projetos ou empreendimentos na construção civil

Atualmente, ocorre um equívoco quase que onipresente no ramo da construção civil para a definição de “projeto”. Entende-se como projetos, no meio da engenharia, a parte arquitetônica, estrutural, de instalações, que, na verdade são plantas, cortes, cotas, etc. Considerar-se-á aqui, projetos como sua concepção gerencial, segundo Pmbok (2008): “um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo”.

Pode-se atribuir como sendo as principais características dos projetos a temporariedade, a individualidade, a complexidade e a incerteza, cujas definições e, também a caracterização de outras são muito bem apresentadas por Vargas (2009) e são transcritas a seguir:

Temporariedade – Significa que todo projeto possui um início e fim definidos, ou seja, é um evento com duração finita, determinada em seu objetivo. Widman afirma que o ciclo de vida do projeto caracteriza a sua temporariedade, partindo de um processo estratégico inicial até atingir um topo de trabalho executivo de produção que antecedeu seu término.

Individualidade – significa realizar algo que não tenha sido realizado antes. Como o produto de cada projeto é único, suas características precisam ser elaboradas de maneira progressiva, de modo a garantirem as especificações do produto ou serviço desenvolvido.

Complexidade - a complexidade na implantação dos projetos decorre do grande número de atividades, informações e recursos interdependentes que precisam ser gerenciados para que se possa administrar e resolver os conflitos, de modo a atingir os objetivos do projeto.

Incerteza – esta característica decorre dos riscos envolvidos e da grande possibilidade de ocorrer variações em relação ao que foi planejado, variações estas que certamente serão fontes de risco ao atingimento das metas estabelecidas.

Empreendimento não repetitivo – é um evento que não faz parte da rotina da empresa. É algo novo para as pessoas que irão realizar.

Sequência clara e lógica de eventos – o projeto é caracterizado por atividades encadeadas logicamente de modo a permitir que, durante a execução o acompanhamento e o controle sejam precisos.

Início, meio e fim – todo projeto respeita um determinado ciclo de vida, isto é, tem uma característica temporal. Muitas vezes, o término de um projeto coincide com o início de outro, porém um projeto que não tem término não é um projeto, é rotina.

Objetivo claro e definido – todo projeto tem metas e resultados bem estabelecidos a serem atingidos em sua finalização.

Conduzido por pessoas – o cerne fundamental de qualquer projeto é o homem. Sem ele, o projeto não existe, mesmo que se disponha de equipamentos de controle e gestão.

Projetos utilizam recursos – todo projeto utiliza recursos especificamente alocados a

determinados trabalhos.

Parâmetros pré-definidos – todo projeto necessita ter estabelecidos valores para prazos, custos, pessoal, material e equipamentos envolvidos, bem como a qualidade desejada para o projeto. É impossível estabelecer, previamente, com total precisão esses parâmetros. Todos eles serão claramente identificados e quantificados no decorrer do plano do projeto. Entretanto, os parâmetros iniciais vão atuar como referências para o projeto e sua avaliação.

2.1.2 Sucesso de um Projeto

Segundo Verzuh (2003) e Kerzner (2011), um projeto de sucesso é aquele que é executado no prazo e no orçamento estimado; atende aos objetivos de qualidade especificada; está de acordo com o estabelecido no escopo ou alterado em concordância com os investidores; está em concordância com a cultura e valores organizacionais; e é devidamente registrado ou documentado, contribuindo com o aprendizado e organização.

2.1.3 Fases e ciclo de vida de um projeto

No decorrer da vida útil de um projeto podem ser verificados estágios ou fases bastantes características. A divisão do projeto em fases ou estágios é bastante útil e conveniente tanto para fins de estudo, como para fins de entendimento do projeto como um todo, e, também para realização do planejamento e sua implantação. Segundo Mattos (2010), o ciclo de vida de um projeto pode ser definido em quatro estágios básicos, definidos a seguir pelo autor:

Estágio I – Concepção e viabilidade

- Definição do escopo – processo de determinação do programa de necessidades, isto é, as linhas gerais do objeto a ser projetado e construído;
- Formulação do empreendimento – delimitação o do objeto em lotes, fases, forma de contratação etc.;
- Estimativa de custos – orçamento preliminar por meio da utilização de indicadores históricos;
- Estudo de viabilidade – análise de custo benefício, avaliação dos resultados a serem obtidos e, função do custo orçado, determinação do montante requerido ao longo do tempo;

- Identificação da fonte orçamentária – recursos próprios, empréstimos, linhas de financiamento, solução mista;
- Anteprojeto transforma-se em projeto básico – desenvolvimento inicial do anteprojeto, com evolução até o projeto básico, quando já passa a conter os elementos necessários para o orçamento, especificações e identificação dos serviços necessários.

Estágio II – Detalhamento do projeto e planejamento

- Orçamento analítico – composição de custos dos serviços, com relação de insumos e margem de erro menos que a do orçamento preliminar;
- Planejamento – elaboração do cronograma de obra realista, com definição de prazo e marcos contratuais;
- Projeto básico transforma-se em projeto executivo – detalhamento do projeto básico, com inclusão de todos os elementos necessários a execução da obra.

Estágio III – Execução

- Obras civis – execução dos serviços de campo, aplicação de materiais e utilização de mão de obra e equipamentos;
- Montagens mecânicas e instalações elétricas e sanitárias – atividades de campo;
- Controle de qualidade – verificar se os parâmetros técnicos e contratuais foram observados;
- Administração contratual – medições, diário de obras, aplicação de penalidades, aditivos ao contrato, etc.;
- Fiscalização de obra ou serviço – supervisão das atividades em campo, reuniões de avaliação do progresso, resolução de problemas, etc.

Estágio IV – Finalização

- Comissionamento – colocação em funcionamento e testes de operação do produto final;
- Inspeção final – testes para recebimento do objeto contratado;
- Transferência de responsabilidades – recebimento da obra e destinação final do

produto;

- Liberação de retenção contratual – caso a empresa contratante tenha retido dinheiro da empresa executante;
- Resolução das últimas pendências – encontro de contas, pagamento de medições atrasadas, negociações de pleitos contratuais etc.;
- Termo de recebimento – provisório e definitivo.

O planejamento é a chave de sucesso de qualquer empreendimento, seja ele público ou privado. Por meio do planejamento o gestor pode definir as prioridades, estabelecer a sequência de execução, comparar alternativas de ataque, monitorar atrasos e desvios, entre outros benefícios.

A seguir, apresenta-se de forma gráfica uma relação entre execução da obra (% pronto) e o tempo de projeto.

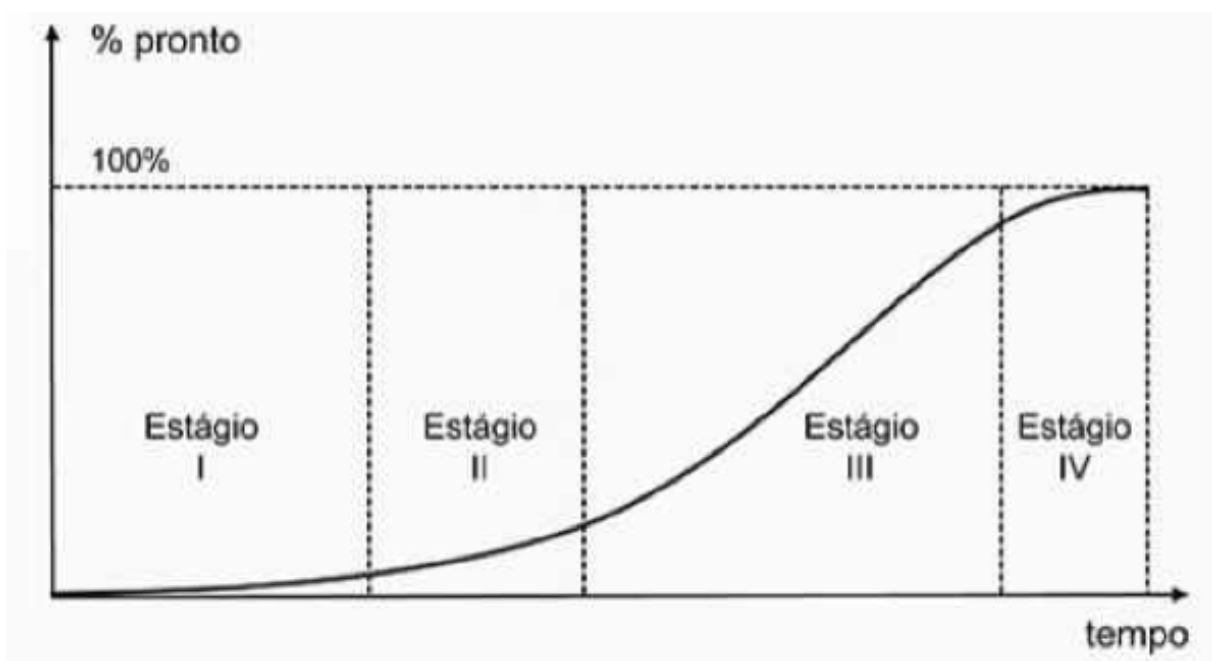


Figura 2-1 - Ciclo de vida do projeto, segundo Mattos (2010).

Torna-se bastante interessante comparar o ideal, que está apresentado no gráfico, com o que realmente ocorre na construção civil. Na parte idealizada para realizar o empreendimento de maneira mais eficiente possível, com prejuízos minimizados, gasta-se cerca de metade do tempo total de projeto nos estágios I e II, fases de concepção e viabilidade, e detalhamento do

projeto e do planejamento. De maneira análoga, apenas cerca de metade do tempo total de projeto é destinado para execução da obra e sua finalização. O resultado disso é fruto de gastar-se bastante tempo pensando e prevendo os acontecimentos específicos de cada projeto, e, quando ocorrer sua execução, tudo estará mais bem planejado e previsto, com chances minimizadas de ocorrerem prejuízos das mais diversas naturezas, que ocorrem numa obra. Do mesmo modo, na fase de finalização, há chances muito maiores de êxito em etapas como comissionamento e inspeção final, por exemplo.

O que ocorre na grande maioria dos casos no Brasil, é uma ânsia imensa para executar a obra, atropelando diversas atividades de caráter primordial nas etapas iniciais, principalmente o planejamento da obra como um todo, resultando em uma probabilidade bem maior de ocorrência de erros produtivos, que resultam em prejuízo para a empresa.

2.1.4 Roteiro do Planejamento

Segundo Mattos (2010), o planejamento de uma obra segue passos bem definidos. Em cada passo, coletam-se elementos dos passos anteriores e a eles se agrega algo. O trabalho de elaboração progressiva é bastante lógico. Para fazer a reforma de uma casa ou construir uma usina hidrelétrica, obras que tem feições distintas quanto ao tipo de construção, prazos, quantidade de recursos disponíveis e complexidade, é obedecido o mesmo roteiro.

O roteiro do planejamento é definido pelo autor nos seguintes passos:

- Identificação das atividades;
- Definição das durações;
- Definição da precedência;
- Montagem do diagrama de rede;
- Identificação do caminho crítico;
- Geração do cronograma e cálculo das folgas.

2.1.5 Estrutura analítica do projeto (EAP)

Para estudo, planejamento, execução e acompanhamento de um projeto é interessante que se faça sua divisão em partes e a divisão dessas partes em outras menores. Esta partição do projeto visa a obtenção de pacotes de trabalho apropriados para o estudo detalhado das

necessidades, especificações, custos, durações e interdependências, sendo uma forma de trabalho bastante recomendada por reproduzir bastante a possibilidade de erros e omissões. Para fazer uma EAP desejável deve-se primeiro determinar o nível de detalhamento que a EAP apresentará, depois identificar todas as atividades componentes do nível de detalhamento determinado, e, por fim destrinchar as atividades, de forma lógica racional como uma árvore genealógica, a fim de representar cada atividade delimitada individualmente, e compondo o todo, no caso, o produto final do projeto em questão. A seguir, é apresentada uma EAP de uma casa:

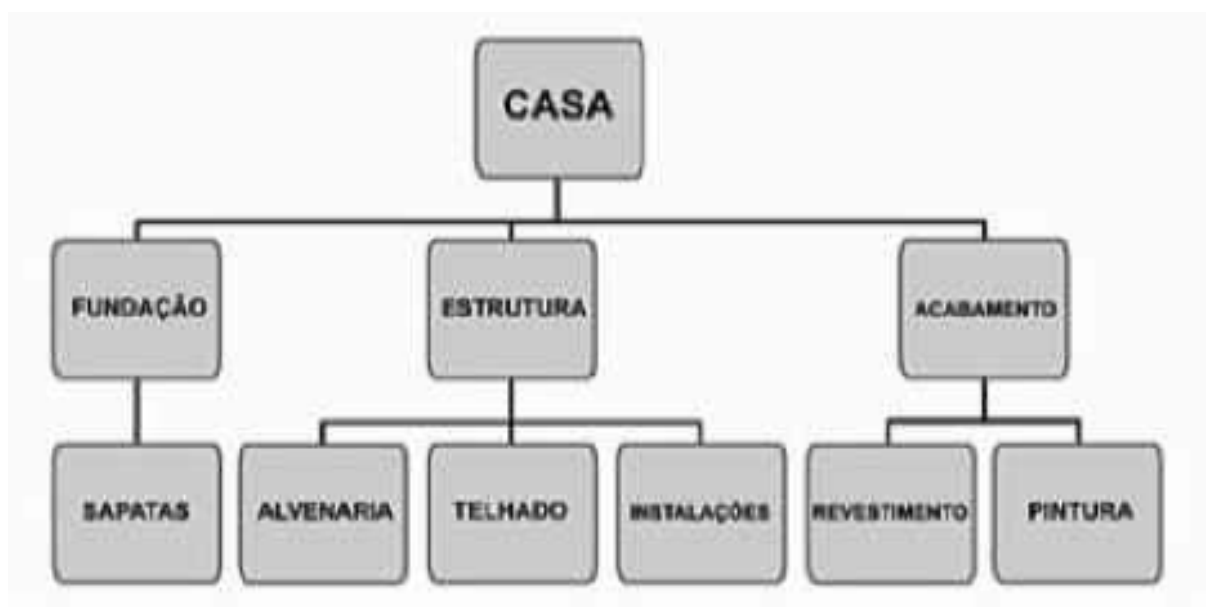


Figura 2-2 - Exemplo de EAP da construção de uma casa (MATTOS, 2010).

A EAP apresentada na Figura 2.2, mostra até o terceiro nível, desmembrando o escopo total em seis pacotes de trabalho. O pacote “TELHADO”, por exemplo, presumivelmente engloba o madeiramento (terças, caibros e ripas) e a colocação das telhas. Pode-se então ter um desmembramento mais ou menos aprofundado, determinado pelo projetista de planejamento.

2.1.6 Estimativa de duração das atividades

Um dos passos de maior importância no planejamento de um projeto é a elaboração de seu cronograma, o qual depende essencialmente da duração e interdependência das atividades ou pacotes de trabalho que compõe o projeto.

Segundo Mattos (2010), duração é a quantidade de tempo – em dias, semanas, meses, horas ou minutos – requerida para a execução da atividade. Em outras palavras, é a quantidade de períodos de trabalho necessários para o desempenho integral da atividade. A duração estimada deve referir sempre a dias (ou semanas etc.) úteis, ou seja, aqueles em que efetivamente se trabalha. Lembrando que prazos em dias úteis são bem diferentes de prazos em dias corridos, que podem ser dados por fornecedores ou subempreiteiros no cotidiano.

Para estimativa de duração das atividades, deve-se utilizar alguns parâmetros de cálculo. Pode ser utilizado como parâmetro de cálculo, índice, ou produtividade. Por fins de pouca utilização no mercado, e maior dificuldade de entendimento, optou-se por não aprofundar o estudo de “índice” no presente trabalho, e focar o cálculo das atividades em “produtividade”. Segundo Mattos (2010), produtividade é definida como a taxa de produção de uma pessoa ou equipe ou equipamento, isto é, a quantidade de unidades de trabalho produzida em um intervalo de tempo especificado, normalmente hora. Quanto maior a produtividade, mais unidades do produto são feitas em um determinado espaço de tempo. Quanto mais produtivo um recurso, menos tempo ele gasta na realização da tarefa. Produtividade não deve ser confundida com produção. Produção representa a quantidade de unidades feitas em certo período; produtividade é a rapidez com que essa produção foi atingida.

É importante que os responsáveis pela obra tenham uma ideia da produtividade dos serviços realizados durante a obra, pois assim podem fazer um bom planejamento do trabalho e identificar deficiências que gerem prejuízos. Alguns construtores fazem o registro histórico da produtividade das equipes, e usam esses valores para estimar o tempo que será gasto em outras obras. Quem não conhece esses dados pode usar valores genéricos de referência disponíveis na publicação TCPO - Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos, da Editora PINI.

No caso do estudo de caso, a gerência da construtora definiu que, por motivos de prazo contratual da obra, aliados a experiência dos diretores e gerentes, fixou-se a duração almejada para cada atividade, com relação a duração total da obra, baseada na EAP da obra, e, a partir das durações fixadas, as equipes necessárias para realizar tais atividades em tempo desejável, com folgas delimitadas também pelos engenheiros gestores, foram dimensionadas. Portanto, no escopo desse projeto, a duração é imposta e a incógnita é a quantidade de recursos (equipe), visto que a obra possui ciclo de produção predefinido.

2.1.7 Dependência entre as atividades

As atividades, ou pacotes de trabalho de um projeto normalmente possuem relações de dependência entre si, as quais resultam das características do projeto, imposições técnicas, restrições de datas ou defasagens, etc. Para que o fluxo de realização de um projeto possa ser modelado são utilizadas quatro relações de dependências básicas, as quais são apresentadas a seguir, com as nomenclaturas e siglas normalmente encontradas na literatura:

Término (Fim) para Início (Finish to Start) – FI, TI (FS) – a atividade sucessora inicia após o término da atividade predecessora com a defasagem ou adiantamento “d”. Esse tipo de relação entre duas atividades A e B impõe que, para a atividade B começar, a atividade A deverá ser totalmente concluída. É o vínculo padrão que encontramos em obras.

Início para Início (Start to Start) – II (SS). Nesse caso, para duas atividades A e B, a atividade B pode começar sem que A seja concluída, havendo uma sobreposição entre elas. Podendo também esse início apresentar certa defasagem. Podemos exemplificar esse vínculo como instalação hidráulica (A) e instalação elétrica (B), as quais podem ser iniciadas juntas.

Término (Fim) para Término (Fim) (Finish to Finish) – FF, TT (FF). Nesse caso, se estipula que o término de uma atividade está vinculado ao término da sua predecessora. Ou seja, o fim de B depende do fim de A. Pode-se dar como exemplo a escavação de determinado volume de solo (A), e o aluguel de uma retroescavadeira (B). O término da escavação determina o fim da necessidade da retroescavadeira alugada.

Início para Término (Fim) (Star to Finish) – IF, IT (SF). Esse tipo de vínculo é bem raro, sendo muito incomum nas obras. Nesse caso, uma atividade (B) só pode terminar quando se iniciar a outra (A), ou seja, o fim de B depende do início de A. Por exemplo, podemos citar a partida de uma subestação elétrica (A), e o aluguel do gerador (B) – o início da subestação amarra o fim da necessidade do gerador alugado.

Defasagem ou adiantamento: (d) – é o tempo decorrido entre o início ou término da atividade predecessora e o início ou término da atividade sucessora. Esse parâmetro pode ser expresso em unidades de tempo ou como percentual da duração da atividade predecessora. Pode apresentar valor positivo, negativo ou nulo, dependendo do caso analisado.

A precedência é de fundamental importância para construir uma linha de disposição das atividades componentes de uma obra de maneira lógica e racional. Assim, tem-se dados

de entrada para cálculo e formação de equipes, respeitando a duração prevista, possível necessidade de subempreitar serviços, a fim de cumprir prazos pré-estabelecidos, logicamente respeitando orçamento prescrito. Além disso, a partir das disposições das atividades, tem-se ciência do caminho crítico, que é essencial para definição do plano de ataque da obra.

2.1.8 Dimensionamento de equipes em função da duração

Quando a duração é imposta, como no estudo de caso do presente projeto, a incógnita torna-se a quantidade de recursos, ou seja, a equipe. Esse tipo de ocorrência é bem comum em obras com ciclos de produção predefinidos, como por exemplo, a gerência fixar 10 dias para realização da estrutura de um pavimento, cinco dias para alvenaria de um pavimento, etc.

Percebe-se intuitivamente que o tamanho da equipe e duração são inversamente proporcionais, ou seja, a priori, para executar um mesmo serviço, quanto maior for a equipe disponível, menor será a duração dessa atividade para que a mesma seja concluída. Deve-se ressaltar que a duração varia com a equipe, porém o trabalho permanece constante. O que acontece é que se aumentando o número de recursos (equipe), a quantidade de tempo diminui. É o que se chama em inglês de *trade-off* entre equipe e duração, ou jogo entre efetivo e prazo (LIMMER, 1997).

Cálculo da equipe em função da duração:

$$e = Q / (P \cdot du \cdot Jt) \quad (2.1)$$

Onde: e=Equipe;

Q=Quantidade de serviço;

P=Produtividade; du=duração;

Jt=Jornada de trabalho.

2.1.9 Identificação do caminho crítico a partir de diagramas de rede

Segundo Limmer (1997) os cronogramas em redes, ou, simplesmente, redes de planejamento, são grafos degenerados, que resultaram da teoria dos grafos e tiveram sua origem na busca de uma solução para transitar em uma rede viária interligando quatro pontos da cidade de Königsberg, sem passar duas vezes por um mesmo ramo da rede. Esse problema

foi formulado em 1736 pelo matemático Euler.

As redes podem ser representadas por setas ou por nós. No escopo desse projeto será desenvolvida a representação por setas.

Para elaboração de uma rede com atividades por setas são utilizadas duas técnicas: a PERT (Program Evaluation and Review Technique – Técnica de Avaliação e Revisão de Programas) e a CPM (Critical Path Method – Método do Caminho Crítico), desenvolvidas em 1957. Na técnica PERT, também chamada de probabilística, o tempo esperado para a duração de cada atividade é determinado através de tratamento estatístico, onde se considera os prazos mínimos (a), máximo (b) e normal (m), estimados para a duração da atividade. O tempo esperado (te) para a duração da atividade é calculado pela fórmula abaixo, com desvio padrão σ ...

$$(te) = (a + 4.m + b) / 6 \quad (2.2)$$

$$\sigma = (b - a) / 6 \quad (2.3)$$

Onde: a=prazo mínimo;

b=prazo máximo;

c=prazo normal;

m=prazo estimado;

te= tempo esperado;

σ = desvio padrão.

Através da técnica CPM, a duração de cada atividade é definida, considerando-se experiências anteriores na realização das atividades. Assim, para uma dada atividade é considerada apenas uma determinação de prazo, por essa razão o CPM é chamado de determinístico.

Com o tempo, as duas técnicas foram se fundindo, passando-se a usar a denominação PERT/CPM para este tipo de rede onde as atividades são representadas por setas, (Figura 2.3).

Duas ou mais atividades podem ser paralelas ou sucessivas, sendo que estas podem ter ou não as mesmas datas (evento) de início ou término, podendo ainda haver coincidência nas duas datas (início e término). Quando atividades paralelas são representadas graficamente, as respectivas setas se superpõem, tornando-se difícil a distinção entre elas. Para diferenciá-las

pode-se usar uma atividade fantasma (AF), também chamada de atividade de conveniência, muda ou virtual, cuja duração é nula (Figura 2.4).

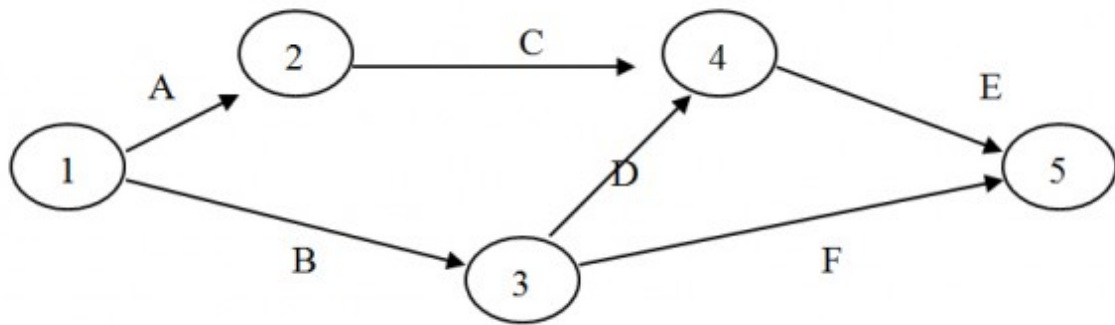


Figura 2-3 - Atividades (A;B;C;D;E;F) e eventos (1;2;3;4;5) representados no diagrama de flechas

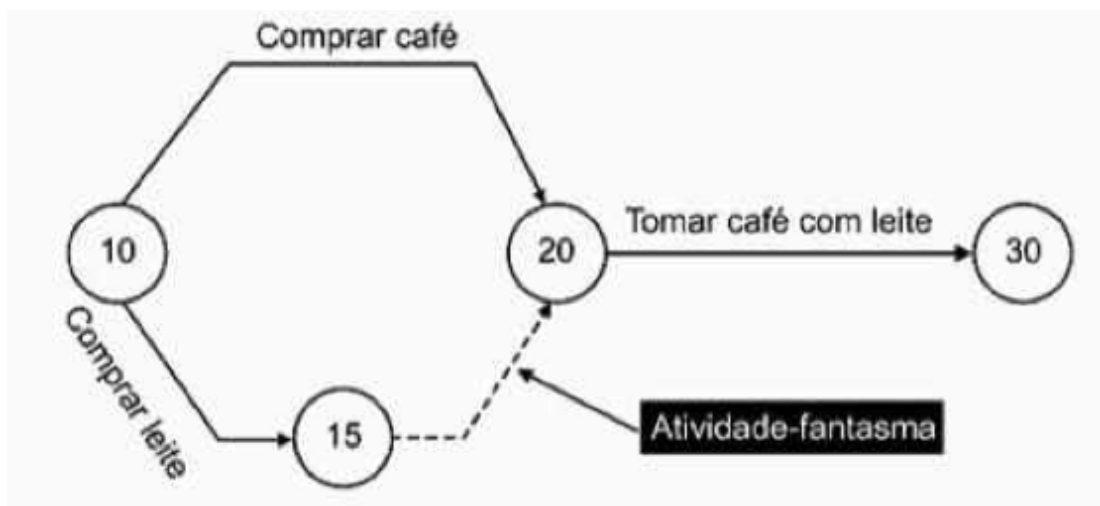


Figura 2-4 - Exemplo de diagrama com atividade fantasma para eliminar a duplicidade de código das atividades

Aumentando seu nível de complexidade, pode-se obter um diagrama bem representativo de determinadas tarefas interligadas da obra, mostrando as atividades, suas respectivas durações e precedências. Os eventos são representados por números ou letras dentro dos círculos. As atividades são representadas por letras em cima das setas, que definem a precedência, e, as durações respectivas para cada atividade são representadas logo abaixo

das setas (Figura 2.5). Assim, acha-se o caminho crítico do projeto, ou seja, caminho que determina diretamente a duração total do projeto, pois ele corresponde justamente a essa duração, tornando as atividades componentes desse caminho, atividades críticas, ou seja, não podem atrasar se quisermos manter o prazo em dia.

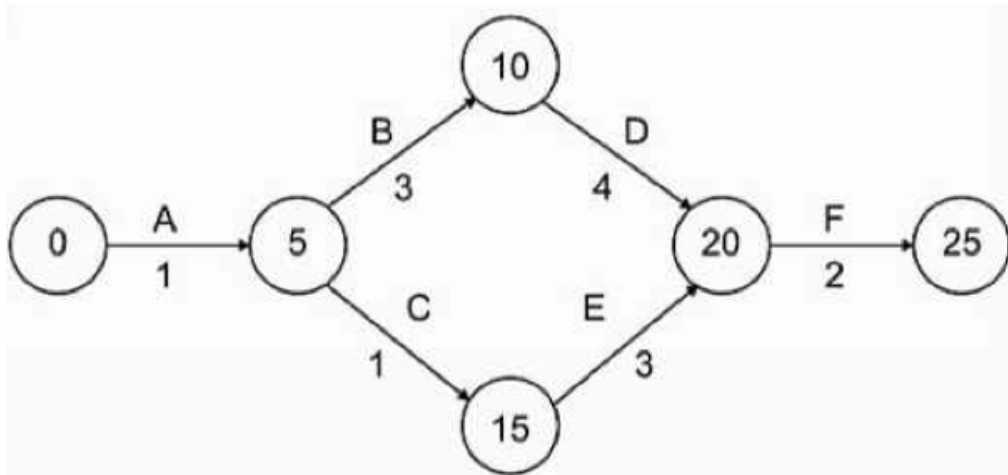


Figura 2-5 - Caminho crítico de projeto, determinado pelas atividades A-B-D-F

Sucintamente, a partir do diagrama com a rede de fluxo, com as atividades identificadas, e dispostas de maneira lógica e racional segundo sua precedência, e, ainda com suas durações bem definidas, podemos encontrar o prazo total da obra. Ou seja, dentro de toda disposição de atividades, uma linha na rede de flechas demandará mais tempo para ser cumprida. Esse caminho é justamente o caminho crítico.

Segundo Mattos (2010), o caminho crítico é a sequência de atividades que concorrem para a determinação da duração total. Ele é o conjunto de atividades que define o prazo total da rede. Antes desse prazo, o projeto não pode ser concluído e acordo com os dados informados. O caminho crítico é de fundamental conhecimento para o gerente da obra, pois ele destrincha as atividades críticas, atividades essas que estão intimamente ligadas ao prazo final da obra, e, portanto não podem perder prazo, caso contrário o prazo total da obra será afetado. Vale ressaltar que, no caso contrário, com ganho de prazo em alguma atividade crítica, tem-se ganho de prazo total da obra.

Caminho crítico determina então para o gerente um plano de ataque da obra inteligente, de forma que determina ausência de folgas para as atividades críticas, e maior atenção nesse caminho, que pode ser considerado como a espinha dorsal do prazo da obra.

2.1.10 Gráfico de Gantt

Uma forma alternativa de se representar o planejamento de um empreendimento ao longo do tempo é através do gráfico de Gantt, ou, simplesmente, cronograma de barras (Figura 2.6).

O gráfico de Gantt é construído listando-se as atividades de um projeto em uma coluna e as durações são representadas por barras horizontais, em colunas adjacentes, com extensões proporcionais às respectivas durações. As atividades do projeto devem estar apresentadas conforme suas precedências, respeitando a EAP do projeto. As durações de cada atividade, já calculadas ou fixadas para cada atividade singular, estarão relacionadas diretamente com as mesmas. Pode-se sintetizar isso tudo, com auxílio do gráfico de Gantt, numa poderosa ferramenta de planejamento, o Microsoft Project, que será discutido no escopo desse projeto.

O gráfico de Gantt é uma ferramenta de controle, dentro de um canteiro de obras, haja visto que o engenheiro dispõe de uma planilha de fácil visualização, onde pode estar acompanhando o andamento da obra, de acordo com o planejado e o executado.



Figura 2-6 - Cronograma de Gantt (MATTOS, 2010)

2.1.11 Linha de balanço (LDB)

Na construção civil há obras em que as atividades com baixo índice de repetitividade, são preponderantes e outras em que prevalecem as atividades com alto índice de repetitividade, como as obras lineares (rodovias, ferrovias, tubovias) conjuntos habitacionais, edifícios com pavimentos padronizados.

Segundo Arditi, Onur e Kangsuk (2002), os métodos de rede, como PERT/CPM, já tiveram bastante êxito no planejamento e controle de projetos, mas ao fim não são tão adequados em projetos de natureza repetitiva, porque as atividades repetidas em ciclos geralmente têm diferentes produtividades. A linha de balanço, também conhecida como diagrama tempo-caminho ou diagrama espaço-tempo, é uma técnica de planejamento desenvolvida para esse tipo de obras. Por haver ciclos de produção, os serviços repetitivos podem ser representados por uma reta traçada em um gráfico tempo-progresso. A inclinação da reta mostra o ritmo com que a atividade avança. A linha de balanço resume um grupo de atividades similares em uma linha e, conseqüentemente, condensa em um documento menor um grande número de atividades comuns.

Segundo Mattos (2010) a linha de balanço é uma reta que ilustra graficamente o ritmo de produção de uma atividade. Com a grandeza tempo na abscissa do gráfico e a quantidade de unidades produzidas na ordenada, quanto mais íngreme a reta, maior sua produtividade. A declividade define a taxa de produção no tempo. Ao contrário do cronograma de barras tradicional, que se fixa na duração das atividades, a LDB representa o ritmo (produtividade) do serviço.

A técnica da linha de balanço baseia-se na premissa de uma taxa uniforme de produção por atividade, ou seja, o avanço da atividade é considerado linear. A inclinação da linha define a produtividade. Pela LDB, pode-se inferir graficamente quando o serviço será executado em cada unidade de obra.

A grande vantagem desse método é permitir a comparação do previsto com o realizado. Tendo a linha de balanço do planejamento original como referência, pode-se comparar esse com o avanço real do projeto, e então avaliar se o progresso está além ou aquém do previsto. Esse tipo de controle é de fácil visualização, é fácil de ser implementado e pode ser usado em reuniões com equipes de campo.

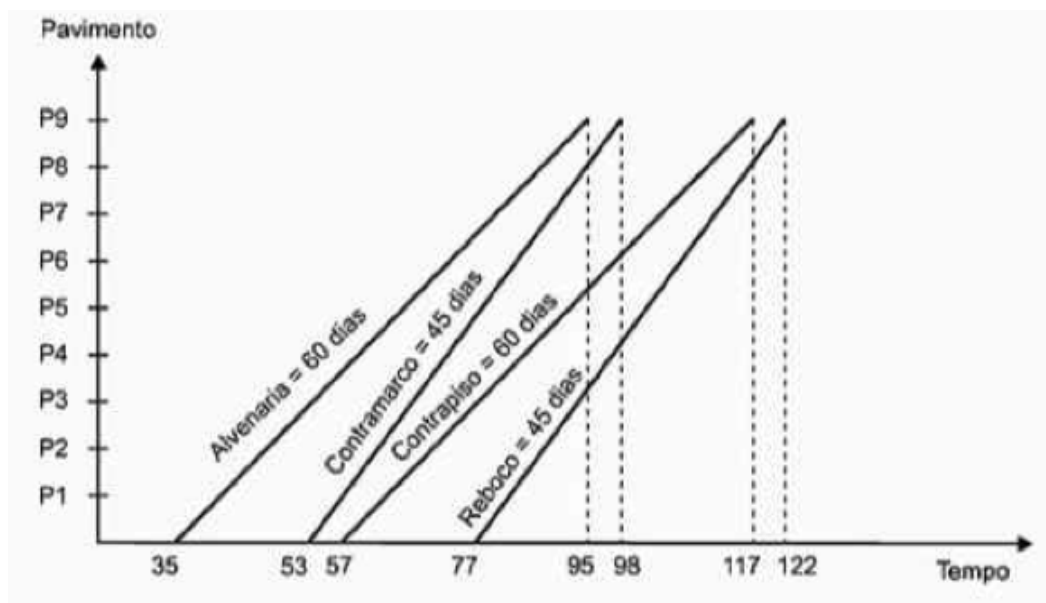


Figura 2-7 - Exemplo de linha de balanço

2.2 CONTROLE E ANÁLISE DE DESEMPENHO EM OBRAS

Durante a realização de um projeto, os parâmetros definidos para sua execução precisam ser controlados para que os objetivos propostos sejam atingidos dentro dos padrões de desempenho pré-estabelecidos.

O conceito de controle é considerado como acompanhamento da realização do projeto, avaliando e comparando os resultados obtidos com o que foi previsto, ou planejado. Controlar uma obra tem como principal função detectar os desvios em relação ao planejamento. Realizando um controle desejável, é possível adotar medidas corretivas em tempo hábil, de modo que a realização do projeto ocorra de modo mais próximo possível com o que foi planejado.

Além de detectar desvios em relação ao que foi planejado, o controle também pode sinalizar a necessidade de revisão de planejamento. Caso essa necessidade seja detectada, as alterações necessárias precisam ser feitas no menor prazo possível, para que assim o projeto não atrase, ou seja, implantado com base em um plano inadequado.

O sistema de controle de um projeto deve:

- Ser relacionado com as demais funções do projeto;
- Ser econômico, para justificar o seu custo operacional;

- Antecipar e permitir que a gerência seja informada em prazo oportuno sobre desvios, de modo que as ações corretivas possam ser iniciadas o mais cedo possível;
- Ser acessível e do conhecimento de todos envolvidos no processo;
- Ter flexibilidade para ajustar-se rapidamente às mudanças do ambiente organizacional;

O sistema de controle pode ser escolhido segundo dois métodos principais:

- **Princípio da Execução** – o gerente só toma conhecimento dos desvios após sua ocorrência. Se a implantação está correndo conforme o planejamento do projeto, o gerente não é informado.
- **Princípio da Previsão** – o gerente é informado sistematicamente sobre o andamento do projeto, independente de estarem ocorrendo desvios ou não.

No dia a dia é usual que se utilize um sistema intermediário, onde o gerente é informado sobre a ocorrência de desvios a partir de uma determinada magnitude destes desvios, a ser mensurada pelo engenheiro da obra.

2.2.1 Características dos Sistemas de Controle

Um bom sistema de controle deve possuir duas características básicas: Permitir a aferição das anormalidades; e permitir interferir no sistema.

Ou seja, um sistema de controle eficaz precisa ser calcado em um planejamento completo, para analisar o empreendimento sob os aspectos técnicos, econômicos, financeiros e gerenciais, devendo ainda ser exercido simultaneamente com a implantação do projeto, de modo a permitir a correção em tempo hábil de eventuais falhas ou omissões verificadas.

Além disso, o sistema de controle deve interferir na implantação do projeto apontando os desvios verificados e conseqüentemente as possíveis medidas que se devam adotar para corrigir as falhas ou omissões do planejamento ou implantação. Pode se dar como exemplo de medidas a serem adotadas:

- Alteração, inclusão ou exclusão de atividades;
- Alocação de novos recursos;
- Substituição de recursos;

- Alteração na metodologia de execução das atividades;
- Revisão de prazos e custos.

2.2.2 Padrões de referência

Segundo Figueiredo (2005), a essência do controle é a detecção de anomalias e desvios em relação ao planejamento, para tanto se faz necessário a existência de padrões de referência. Desta maneira, o padrão de referência é um conceito básico de controle, podendo ser estabelecido através dos seguintes critérios:

- **Experiência passada:** é um processo muito utilizado, porém deixa muito a desejar porque considera indicadores obtidos de projetos executados no passado, nem sempre associados a características próprias e às reais condições de execução do projeto
- **Previsão futura:** é um processo que integra o conhecimento de experiências anteriores, convenientemente registradas, com as condições segundo as quais se prevê implantar o projeto.
- **Definição de padrões em função de metodologias e processos:** é o processo mais racional, onde os padrões de referência a serem atendidos são obtidos em função da definição antecipada da metodologia e dos processos de execução. Os padrões de referência definidos precisam ser confirmados durante a etapa inicial do projeto, o que justifica sua definição em dois estágios: no primeiro, os padrões são definidos considerando-se a metodologia e processos de execução previstos; no segundo estágio, os padrões resultam do ajustamento dos padrões definidos anteriormente, após análise dos resultados obtidos na fase inicial de implantação do projeto.

Para adotar esse critério, devem ser seguidos os seguintes passos básicos:

- Definir o melhor método para implantação do projeto;
- Definir e quantificar os padrões de referência a adotar (produtividade, custos, equipes, consumos, etc.);
- Treinar a mão de obra para a execução ao do método estabelecido;
- Controlar a execução, apurando e comparando os resultados com os padrões estabelecidos;
- Com base nos resultados fazer os ajustes necessários nos padrões de referência.

2.2.3 Curva ABC

Um projeto normalmente é composto de várias atividades, cada uma podendo utilizar vários recursos (mão de obra, equipamentos e materiais). O universo possível de ser controlado normalmente possui uma grande quantidade de itens, onde existem itens mais e outros menos importantes no contexto do projeto. Portanto, é desejável que os itens mais importantes sejam controlados com maior rigor que os de menor importância. Para fazer essa classificação, é usual a utilização do princípio de Pareto, onde, em seus estudos, observou que apenas uma pequena parcela da população (cerca de 20%) concentrava a maior parcela do dinheiro. Algum tempo depois, com o término da Segunda Guerra Mundial, um engenheiro da General Electric, F. Dixie, se baseou no princípio de Pareto para criar a classificação ABC, (Figura 2.8) aplicada ao controle de estoque nos processos industriais de produção. Esta classificação divide os itens em três faixas: Faixa A – 20% dos itens corresponde a 65% do valor total dos itens; Faixa B – 30% dos itens corresponde a 25% do valor total dos itens e Faixa C – 50% dos itens corresponde a 10% do valor total dos itens

No controle de projetos o número de itens é variável de faixa para faixa, utilizando-se o método da curva ABC para determinar o grupo de itens mais significativos do conjunto. A classe A reflete os itens mais importantes e que merecem tratamento especial no gerenciamento, acompanhamento e controle. A classe C representa os itens de menor importância, e a classe B é intermediário entre as duas já mencionadas.

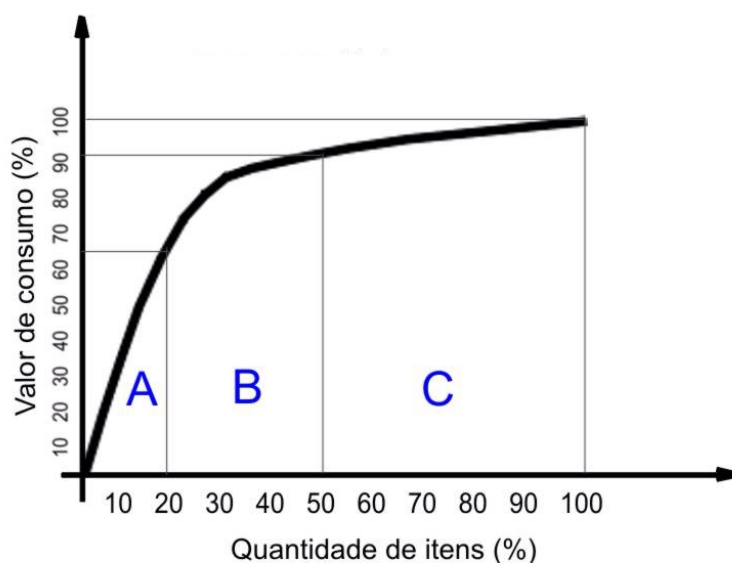


Figura 2-8 - Curva ABC padrão. Valor de consumo em função da quantidade de itens.

2.2.4 Operacionalização do Controle de Obras

Em um empreendimento, o controle abrange tanto os aspectos econômicos, como os operacionais, sendo que para cada atividade orgânica poderá ser necessário examinar somente um ou ambos os aspectos.

Um sistema de controle deve ser economicamente compatível com o objeto do controle, Existem processos, como o da curva ABC, resultante da aplicação do princípio de Pareto, que permitem segregar por classes os elementos de um projeto a serem controlados. “Com isso pode-se caracterizar não só a intensidade do controle, mas também o custo do mesmo, e assim, verificar a sua compatibilidade com o objeto do controle, em termos econômicos.” (LIMMER, 1997)

Em termos de execução de um projeto, são realizados controle de prazos, de recursos, de quantidades executadas, controle de custos, de produtividade, e controle de qualidade.

Para operacionalizar tais controles, são utilizados cronogramas, orçamentos, ficha de execução de atividades composições de custos e fichas de produtividade. O modelo destes documentos, com como a periodicidade e o nível de detalhamento das informações colhidas podem variar em função dos seguintes fatores:

- Nível de controle desejado;
- Tipo de empreendimento;
- Cultura organizacional e do gerente do empreendimento;
- Disponibilidade de recursos para o Sistema de Controle;
- Duração do empreendimento.

Limmer (1997) sugere uma metodologia para o controle de prazos, determinada nos seguintes passos:

- 1) Determinar os pacotes de trabalho a serem executados em um dado período;
- 2) Com base nos cronogramas de programação dos pacotes de trabalho selecionados, determinar, por pacote e por frente de serviço, as atividades que serão desenvolvidas;
- 3) Preparar para essas atividades, um cronograma de barras que atinja ou horizonte de duas ou três semanas, fixando as datas de início, de continuação ou de término de

atividade, conforme for o caso;

- 4) Expedir as ordens de serviço necessárias à execução das atividades programadas;
- 5) Determinar os quantitativos globais de serviços a serem executados na mesma semana em causa, anotando-os no próprio cronograma;
- 6) Ao término da semana, preencher uma ficha de controle na qual se indiquem as datas programadas e as datas reais de início e de término de cada atividade, bem como o efetivo de mão de obra programado e o realmente gasto;
- 7) Anotar na ficha, em local apropriado, causas determinantes de atrasos ou de adiantamento na execução de qualquer atividade programada;
- 8) Assinalar no cronograma de barras, usando simbologia apropriada, o desenvolvimento da atividade;
- 9) Informar o setor de planejamento, programação e controle do projeto sobre os resultados obtidos na semana;
- 10) Ao final de cada semana, analisar os resultados obtidos, revisar e atualizar a programação das semanas seguintes, acrescentando à programação mais uma semana, se modo a manter sempre o horizonte estabelecido.

Em função dos resultados obtidos, procede-se à atualização dos cronogramas ou, se for o caso, à sua revisão, através de:

- 1) Comparação da duração programada para cada atividade com a duração real registrada na ficha de controle da programação;
- 2) Registro, no cronograma (em rede ou em barras), daquelas que tenham sofrido correção;
- 3) Determinação de novas datas dos eventos a partir da última revisão feita. Sendo que a cada nova revisão pode-se deixar de serem consideradas as atividades que já tiverem sido executadas e que não integram o caminho crítico. Além disso, somente são de interesse as atividades já realizadas que integravam o caminho crítico, em que tenha ocorrido variação no prazo de execução, em relação ao planejamento;
- 4) As revisões de prazo podem ocorrer em função de fatores externos ao projeto,

planejamento inadequado, ou introdução de novas condições.

O caso de fatores externos ao projeto é de difícil previsão, são casos nos quais devem ser reformuladas, na medida do possível, as durações das atividades ainda por executar, introduzindo-se condições que permitam manter o prazo inicialmente planejado. Já quando o ocorre planejamento inadequado, deve-se rever todo o planejamento a fim de obter os índices de rendimento necessários. No caso de introdução, durante a execução do projeto, de novas condições (a modificação de projetos é a mais comum), deve-se refazer o planejamento com base no existente, adaptando-o às novas condições.

2.2.5 Controle de prazos e recursos, curva S

Segundo Lara (1996), a curva S (Figura 2.9) é uma curva totalizadora, acumulada, da distribuição percentual, parcial, relativa à alocação de determinado fator de produção ao longo do tempo.

Quando se vai montar o planejamento de uma obra, o planejador obtém o cronograma e, conseqüentemente a curva S, seja ela de avanço físico ou monetário. Essa curva geralmente reflete o avanço lento-rápido-lento do projeto, adquirindo então sua forma sinuosa, similar a uma letra “s”. Obviamente, o formato de duas curvas S de dois projetos distintos não é perfeitamente coincidente. O aspecto da curva vai depender da sequência das atividades e de sua quantidade de homem-hora (Hh), ou valor monetário, bem como duração total do projeto.

O controle de prazos e recursos alocados ao projeto é feito através dos respectivos cronogramas, histogramas, ou pela curva S, objetivando-se, segundo Limmer (1997)

- Determinar os desvios em tempos reais de execução em relação aos tempos planejados;
- Determinar diferenças de quantidades de recursos utilizados no projeto, com base nos cronogramas de mão de obra, de materiais e de equipamentos;
- Determinar a variação do valor dos salários, de preços de materiais e de custos de equipamentos;
- Analisar as causas de desvios a avaliar seus efeitos sobre prazos e custos do projeto;
- Determinar alternativas de correção dos desvios significativos, adotando uma delas e implementando sua aplicação;

A obtenção de uma curva S padrão é oportuna na falta de dados reais de projetos similares, ou quando o planejamento ainda está na fase preliminar, pois podemos obter uma estimativa de avanço. Curva S padrão, segundo Mattos (2010), é uma curva baseada em modelos matemáticos, correspondendo a um comportamento ideal. Pode-se utilizar essa técnica também quando o planejador quer comparar a curva S com um parâmetro teórico. Comparando as duas curvas, ele pode contatar quão distante o avanço previsto para o projeto está em relação a um avanço ideal perfeitamente equilibrado.

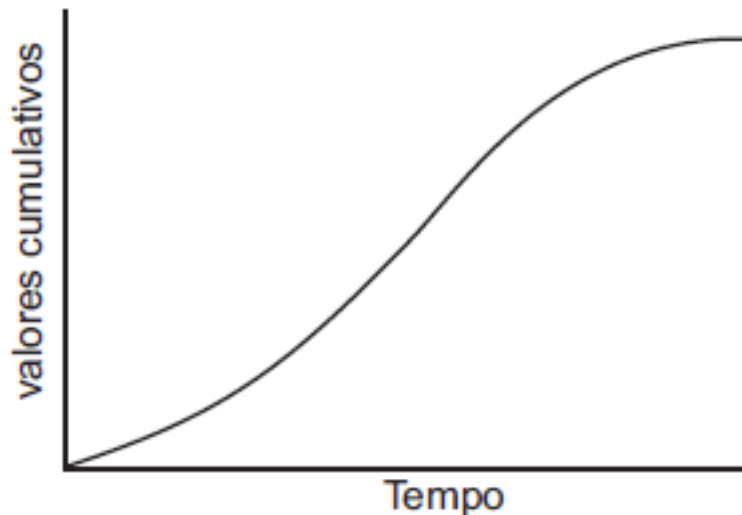


Figura 2-9 - Curvas S padrão (PMBOK)

Em síntese, a curva S representa o avanço do projeto ao longo do tempo, e é uma importante ferramenta para simular um comportamento ideal do projeto, na falta de valores reais, e auxiliar na determinação de prazos e alocação de recursos.

2.2.6 Controle de prazos

O controle de prazos de uma obra é feito através do auxílio de cronogramas, buscando-se:

- Registrar os prazos de execução de cada atividade com uma frequência de apropriação adequada;
- Determinar os atrasos e os avanços em relação às datas de início de término de cada atividade;
- Registrar no cronograma ou em uma planilha, para cada atividade e na frequência pré-estabelecida, o percentual da quantidade realizada em relação ao total previsto;

- Comparar o percentual realizado (simples e acumulado) com o previsto para o período de apropriação em foco, para cada atividade;

O controle de prazos pode ser registrado em cronograma de barras, onde o realizado e o planejado são representados por barras paralelas caracterizadas por cores ou simbologia diferentes. Também é usual registrar o percentual (simples ou acumulado) previsto e realizado de cada atividade por períodos de apropriação. A curva S também pode ser utilizada para representar o andamento do projeto.

2.2.7 Controle de Mão de Obra

O controle de mão de obra é feito com a utilização de cronogramas de mão de obra, verificando-se, com uma frequência apropriada, as quantidades de mão de obra, por categoria, consumidas em cada atividade e comparando-as com as quantidades planejadas.

Caso ocorra uma variação nas quantidades de serviços realizados em relação às quantidades previstas, a quantidade de mão de obra planejada precisa ser ajustada, pois a variação pode ser mera decorrência da variação de quantidades.

2.2.8 Controle de Materiais

O controle de materiais é realizado comparando-se as quantidades dos diversos tipos, previstas nos cronogramas de materiais, com as consumidas na execução de diferentes atividades. À semelhança do controle de mão de obra, as quantidades previstas precisam ser ajustadas, caso tenha ocorrido alteração nas quantidades de serviço executadas.

Além do controle das quantidades consumidas, precisa-se fazer também o controle dos estoques, através do balanço de entrada e saída de material do almoxarifado, devendo-se comparar também as quantidades de material fornecidas pelo almoxarifado com as que foram consumidas na obra.

2.2.9 Controle de Custos

O controle de custos é realizado tomando-se por base o orçamento do projeto, através da comparação dos custos estimados com os que efetivamente estiverem ocorrendo na implantação do projeto. Esse controle é feito através do acompanhamento dos seguintes parâmetros:

- Custo de Mão de obra;
- Custo de Materiais;
- Custo de equipamentos incorporados ao projeto;
- Custo de equipamentos utilizados na implantação do projeto;
- Custo unitário de cada atividade;

A variação nos custos pode ter como causas fatores próprios do projeto ou podem ser provocadas por fatores que não dependem do projeto.

São fatores ou causas próprias dos projetos:

- Previsão incompleta de tipos de serviço;
- Estimativa deficiente de quantitativos;
- Índices de composição de custos irreais;
- Desperdícios durante a execução;
- Gerenciamento deficiente;
- Nível de informação eficiente;
- Variação dos índices de produtividade;
- Deficiências no contrato e/ou especificações.

São fatores ou causas que independem do projeto:

- Variação do preço dos insumos (oferta/procura no mercado);
- Inflação;
- Obrigações e interferências de ordem ambiental;
- Atraso no pagamento dos serviços realizados;
- Alteração na época de implantação do projeto;
- Condições climáticas.

O controle de custos é feito através da comparação dos custos obtidos com os previstos. Os primeiros devem ser levantados para cada período de aferição para fins de comparação com os valores previstos (obtidos na estimativa de custos do empreendimento) e com os de

contrato, caso sejam diferentes.

A obtenção dos custos de mão de obra, materiais e equipamentos incorporados ao projeto é praticamente imediata, em quase todos os projetos, porém para obtenção dos custos reais dos equipamentos utilizados e das atividades realizadas, a complexidade aumenta na mesma proporção que a complexidade e dinamismo do projeto.

2.2.10 Avaliação de desempenho

Segundo Melo (2011), a medição do desempenho de uma organização é um elemento essencial para a gestão da qualidade, pois fornece informações necessárias à tomada de decisões e ao desenvolvimento de ações que auxiliam no planejamento e controle de objetivos e metas estratégicas.

Tem-se observado que poucas empresas do setor da indústria da construção contam com algum tipo de sistema de medição de desempenho ou, quando possuem, existem graves deficiências neste processo. Essa situação acontece devido à ocorrência de fatores que vão desde a cultura das empresas até a dificuldade das empresas em determinar o que medir e como medir.

As principais metas da realização de controle na implantação de um projeto são a verificação da ocorrência de possíveis desvios em relação ao planejamento e orientação quanto às interferências necessárias para recolocar o projeto em seu curso normal. Além do controle detalhado dos recursos, prazos, qualidade, etc., é interessante que se faça um controle dos resultados obtidos pelo empreendimento como um todo.

Segundo Figueiredo (2005), para realizar essa avaliação, os parâmetros mais utilizados como indicadores de desempenho são custo e o cumprimento dos prazos, considerando-se que as demais restrições, como por exemplo a qualidade, estejam sendo obedecidas.

O acompanhamento dos prazos é imediato, quanto ao acompanhamento dos custos, ele pode ser feito por meio da comparação dos custos planejados com os reais, o que pode ser representado graficamente através de curvas S, uma para o custo planejado e outra para o custo real. Embora os resultados obtidos por esse tipo de comparação pareçam imediatos, esse tipo de representação, especificamente nesse caso é muito suscetível a variações que não tem uma relação direta com o desempenho do projeto. Para minimizar esse problema, é conveniente que a comparação seja realizada em nível de custo unitário, ou por meio da

utilização de índices que considerem essas possíveis variações.

Como exemplo de índice utilizado na avaliação de desempenho, temos o Índice de Progresso (IP), definido por Limmer (1997), que relaciona quantidades de serviço estimada e realizada com a quantidade de mão de obra (ou outros recursos) estimada e a realmente utilizada na implantação do projeto ou execução de um serviço.

$$IP = (QR / QP) / (MOC / MOP) \quad (\text{eq 2.4})$$

Onde: IP – Índice de Progresso;

QR e QP – quantidades realizada e prevista de serviço, respectivamente, contidas em uma atividade;

MOP e MOC – quantidades de mão de obra prevista e consumida, respectivamente, na realização da atividade.

Se o IP for equivalente a um e se o custo real correspondente às quantidades realizadas for igual ao custo estimado para essas quantidades, então se pode dizer que o projeto está no prazo, que foram consumidos os recursos previstos e que a meta de custo foi atingida. Essa conjunção de fatores, entretanto, é muito rara de ser alcançada, razão pela qual se tem buscado outros métodos de avaliar o progresso. Também é preciso levar em conta os erros das estimativas, tanto com relação às quantidades como em relação aos custos.

2.3 PRINCÍPIO DA MELHORIA CONTÍNUA, CICLO PDCA

Com o desenvolvimento das técnicas de gestão, no final da década de 1980, alguns princípios fundamentais passaram a nortear o gerenciamento das obras. Um desses princípios, o da melhoria contínua, prega que todo processo deve ter um controle permanente que permita a aferição do desempenho dos meios empregados e promova uma alteração de procedimentos de tal modo que seja fácil alcançar as metas necessárias. (MATTOS, 2010)

O princípio da melhoria contínua é bem ilustrado pelo ciclo PDCA (Figura 2.10). Essa representação gráfica mostra que o trabalho de planejar e controlar são uma constante ao longo do empreendimento. Não se pode pensar em planejamento inicial que não seja atualizado com o passar das semanas.

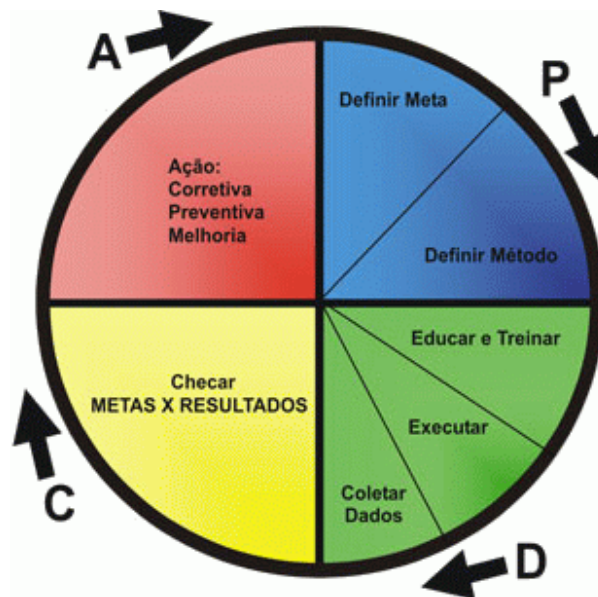


Figura 2-10 - Ciclo PDCA

Por ciclo PDCA entende-se o conjunto de ações ordenadas e interligadas entre si, dispostas graficamente em um círculo em que cada quadrante corresponde a uma fase do processo: P (plan = planejar); D (do = desempenhar, fazer); C (check = checar, controlar); A (act= agir, atuar).

O mérito do ciclo é deixar patente para a equipe do projeto que não basta planejar. Não é suficiente delinear previamente a metodologia, os prazos e os recursos requeridos, sem que haja o monitoramento da atividade e a comparação dos resultados reais com aqueles desejados.

Em virtude da grande quantidade de variáveis envolvidas, como mão de obra, suprimentos, intempéries, retrabalho e perdas periódicas de produtividade, o ciclo PDCA encaixa-se perfeitamente no mundo da construção civil, enfatizando a relação entre o planejamento, o controle e as ações preventivas e corretivas cabíveis.

2.3.1 Planejar

Nesta etapa, entra em cena a equipe de planejamento da obra, que busca antever a lógica construtiva e suas interfaces, gerando informações de prazos e metas físicas.

O quadrante P pode ser subdividido em três setores:

- **Estudar o projeto** – envolve a análise dos projetos, visita técnica ao local da obra, identificação e avaliação de interferências etc.;

- **Definir metodologia** – envolve a definição dos processos construtivos, o plano de ataque da obra, a sequência das atividades, a logística de materiais e equipamentos, a consulta a documentos de obras similares etc.;
- **Gerar o cronograma e as programações** – consiste em coordenar as informações de modo que a obra tenha um cronograma racional e factível. Essa etapa leva em consideração os quantitativos, as produtividades adotadas no orçamento, a quantidade disponível de mão de obra, a influência da pluviosidade local, etc.

O planejamento é presumivelmente o intuito operacional da empresa, Ele representa aquilo que se deve seguir para alcançar o objetivo do empreendimento.

2.3.2 Desempenhar

A segunda etapa representa a materialização do planejamento no campo. Aqui, o que foi prescrito no papel entra no terreno da realização física.

Esse quadrante pode ser subdividido em dois setores:

- **Informar e motivar** - corresponde a explicitar a todos os envolvidos o método a ser empregado, a sequência das atividades e as durações previstas e a tirar dúvidas da equipe. Os encarregados e supervisores são instruídos quanto ao que está programado, quais tarefas, os prazos, os recursos disponíveis e os requisitos de qualidade. É acentuado o grau de envolvimento e interesse que as equipes desenvolvem quando o planejamento e as programações de serviço são apresentados;
- **Executar a atividade** – consiste na realização física da tarefa. Para que uma obra seja gerenciada corretamente, é necessário que o que foi informado por meio do planejamento seja cumprido no campo, sem alterações deliberadas de rumo por parte dos executores. Executar é cumprir (ou, pelo menos, procurar cumprir) aquilo que foi planejado para o período em questão.

Ainda que o planejamento represente a intenção de conduta do construtor, vale notar que o que acontece no campo não necessariamente reflete o que foi planejado originalmente. Discrepâncias podem ocorrer por falta de comunicação, por falta de entendimento do que foi planejado, por premissas inadequadas na fase de planejamento, por condições alheias à vontade do construtor, etc.

2.3.3 Checar

A terceira etapa do ciclo PDCA representa a aferição do que foi efetivamente realizado. Essa função de verificação consiste em comparar o previsto com o realizado e apontar as diferenças relativas a prazo, custo e qualidade. É a etapa em que se manifesta o monitoramento e o controle do projeto.

Esse quadrante pode ser subdividido em dois setores:

- Aferir o resultado – consiste em levantar no campo o que foi executado no período em análise. Essa é uma tarefa de apropriação de dados, na qual se compilam as quantidades de cada serviço efetuado no período;
- Comparar o previsto e o realizado – após aferir o que foi efetivamente realizado, é preciso compará-lo com o que estava previsto no planejamento. Trata-se de um processo vital para o contrutos, porque é o maior manancial de informações gerenciais. Nessa etapa, detectam-se os desvios e os impactos que eles trazem, assim como possíveis adiantamentos da obra e os respectivos benefícios.

Com relação a prazo, a verificação reside na checagem das datas de início e término das atividades em relação às datas planejadas. Enfim, é o progresso real da tarefa sendo monitorado de maneira sistemática. Os levantamentos dos dados de progresso podem ser feitos por técnicos de planejamento ou, o que é mais comum, por pessoal de campo que os remete continuamente ao setor de planejamento.

Todas as informações que possam servir para reduzir os possíveis desvios devem ser coletadas e disponibilizadas para a etapa que vem a seguir. Além da constatação do desvio entre o real e o previsto, é necessário avaliar se o desvio foi pontual ou se representa uma tendência.

Nesse quadrante, os indicadores de desempenho real são aferidos pelo planejador, Produtividades de campo são calculadas e passam a fazer parte do acervo de dados da obra. É importante gerar os indicadores de desempenho, porque eles representam fielmente as condições de campo, ou seja, as circunstâncias em que as atividades foram executadas.

2.3.4 Agir

No quarto quadrante acontece o encontro de opiniões e sugestões de todos os envolvidos na operação, o que contribui para identificação de oportunidades de melhoria,

aperfeiçoamento do método, detecção de focos de erro, mudança de estratégia, avaliação de medidas corretivas a serem tomadas etc.

Se os resultados obtidos em campo desviarem do planejado, ações corretivas devem ser implantadas. Com finalidade preventiva, as causas de desvio devem ser investigadas e analisadas em detalhe. Quanto mais tempo passar sem que os focos de desvio sejam debelados, menor será o tempo hábil para correção.

Nos casos em que o planejamento não apresenta grandes desvios, esse quadrante deve ser visto como uma oportunidade para as equipes pensarem na possibilidade de redução do prazo da obra.

É imprescindível a participação do pessoal de planejamento e de produção nessa etapa, pois a meta perseguida não é exclusiva de um setor, mas comum a todos.

2.3.5 Mecânica do ciclo PDCA

O ciclo PDCA, enfim, informa didaticamente que o processo de planejamento é de melhoria contínua. Primeiramente, planeja-se a obra com máximo de dados de que se dispõe (orçamento, equipes, planos de ataque), atentando para o fato de que o planejamento não é uma missão da área técnica, mas um compromisso geral.

Em seguida, procura-se executar a obra como planejado. É comum que as durações atribuídas no cronograma da obra não consigam ser todas obedecidas e alcançadas, motivo pelo qual é preciso aferir o que foi realizado. Nesse passo, podem ser apropriados índices de campo e produtividades reais das equipes, além de ser necessário avaliar os desvios em relação ao planejamento em vigos.

O último quadrante do círculo mostra que nesse instante o gerente tem de pensar em como colocar a obra de volta nos eixos, ou então revisar o planejamento para a nova realidade.

Terminada a primeira volta do ciclo, o trabalho continua. De novo no quadrante P, o setor de planejamento atualiza o cronograma com os dados reais e realiza simulações do impacto das possíveis sugestões de mudança de método ou estratégia, assim como gera a programação de serviços do período subsequente. Parte-se então para D e em seguida mais uma vez para o C e o A. O ciclo PDCA é completado sucessivas vezes até o final do projeto.

2.3.6 Grau de oportunidade da mudança em função do tempo

A previsão oportuna de situações desfavoráveis e de indícios de desconformidade permite ao gerente da obra tomar providências a tempo, adotar medidas preventivas e corretivas, e tentar minimizar os impactos no custo e no prazo.

Na Figura 2.11, será apresentado um gráfico que ilustra o que se costuma chamar de oportunidade construtiva, que é a época em que se pode alterar o rumo de um serviço ou do próprio planejamento a um custo relativamente baixo. Com o passar do tempo, essa intervenção passa a ser menos eficaz e sua implantação, mais cara, seria uma fase de oportunidade destrutiva. A partir desse gráfico pode-se ter uma idéia boa de como se pode prevenir altos custos corretivos em um empreendimento. Daí mais uma evidência da importância do giro contínuo do ciclo PDCA.

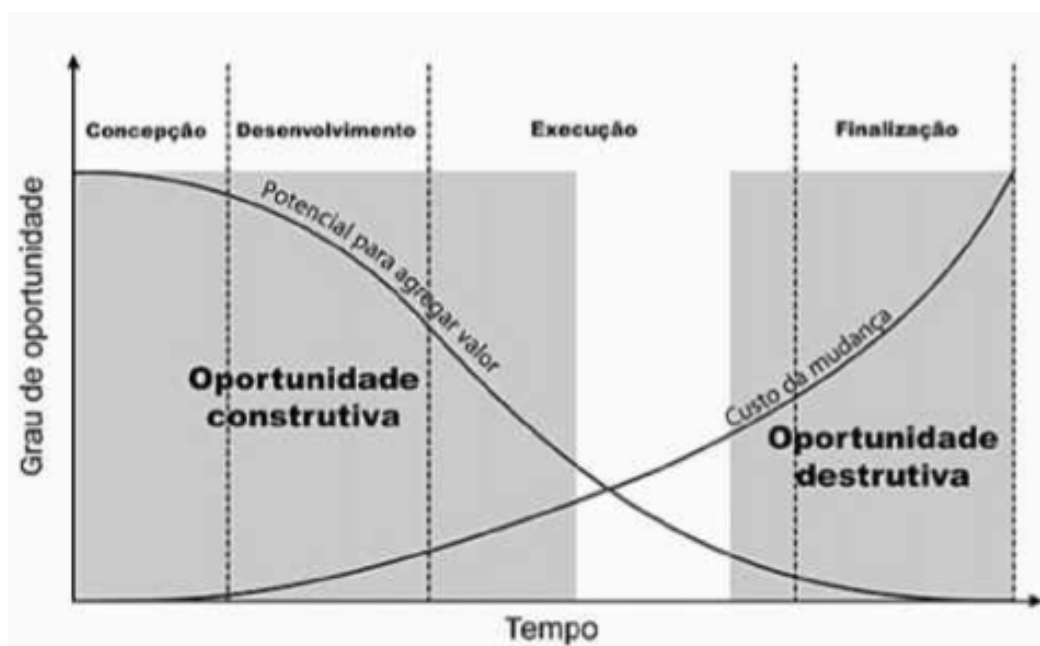


Figura 2-11 - Grau de oportunidade da mudança em função do tempo (MATTOS 2010)

2.3.7 Regra de Sitter

Do ponto de vista econômico, Helene (2004) ressalta que os custos de intervenção na estrutura, para atingir certo nível de durabilidade e proteção, crescem exponencialmente quanto mais tarde for essa intervenção e que a evolução desse custo pode ser assimilada ao de uma progressão geométrica de razão cinco, conhecida por “Lei dos 5” ou regra de Sitter,

representada na Figura 2.12, que mostra a evolução dos custos em função da fase da vida da estrutura em que a intervenção seja feita.

Ainda, segundo Helene (2004), o significado da “Lei dos 5”, ou regra de Sitter, pode ser assim exposto, conforme a intervenção ocorra na:

a) **fase de projeto**: toda medida tomada em nível de projeto com o objetivo de aumentar a proteção e a durabilidade da estrutura, como, por exemplo, aumentar o cobrimento da armadura, reduzir a relação água / cimento do concreto ou aumentar o f_{ck} , especificar certas adições, ou tratamentos protetores de superfície, e outras tantas implica um custo que pode ser associado ao número 1(um);

b) **fase de execução**: toda medida extraprojeto, tomada durante a fase de execução propriamente dita, implica um custo cinco vezes superior ao custo que acarretaria tomar uma medida equivalente na fase de projeto, para obter-se o mesmo nível final de durabilidade ou vida útil da estrutura. Um exemplo típico é a decisão em obra de reduzir a relação água / cimento para aumentar a durabilidade. A mesma medida tomada na fase de projeto permitiria o redimensionamento automático da estrutura considerando um novo concreto de resistência à compressão mais elevada, de maior módulo de deformação e de menor fluência. Esses predicados permitiriam reduzir as dimensões dos componentes estruturais, reduzir as formas e o volume de concreto, reduzir o peso próprio e reduzir as taxas de armadura. Essas medidas tomadas em nível de obra, apesar de eficazes e oportunas do ponto de vista da vida útil, não mais podem propiciar economia e otimização da estrutura;

c) **fase de manutenção preventiva**: as operações isoladas de manutenção do tipo; pinturas freqüentes, limpezas de fachada sem beirais e sem proteções, impermeabilizações de coberturas e reservatórios mal projetados, e outras, necessárias a assegurar as boas condições da estrutura durante o período da sua vida útil, podem custar até 25 vezes mais que medidas corretas tomadas na fase de projeto estrutural ou arquitetônico. Por outro lado pode ser cinco vezes mais econômicas que aguardar a estrutura apresentar problemas patológicos evidentes que requeiram uma manutenção corretiva;

d) **fase de manutenção corretiva**: corresponde aos trabalhos de diagnóstico, reparo, reforço e proteção das estruturas que já perderam sua vida útil de projeto e apresentam manifestações patológicas evidentes. A estas atividades pode-se associar um custo 125 vezes superior ao custo das medidas que poderiam e deveriam ter sido tomadas na fase de projeto e que implicariam um mesmo nível de durabilidade que se estime dessa obra após essa intervenção corretiva.

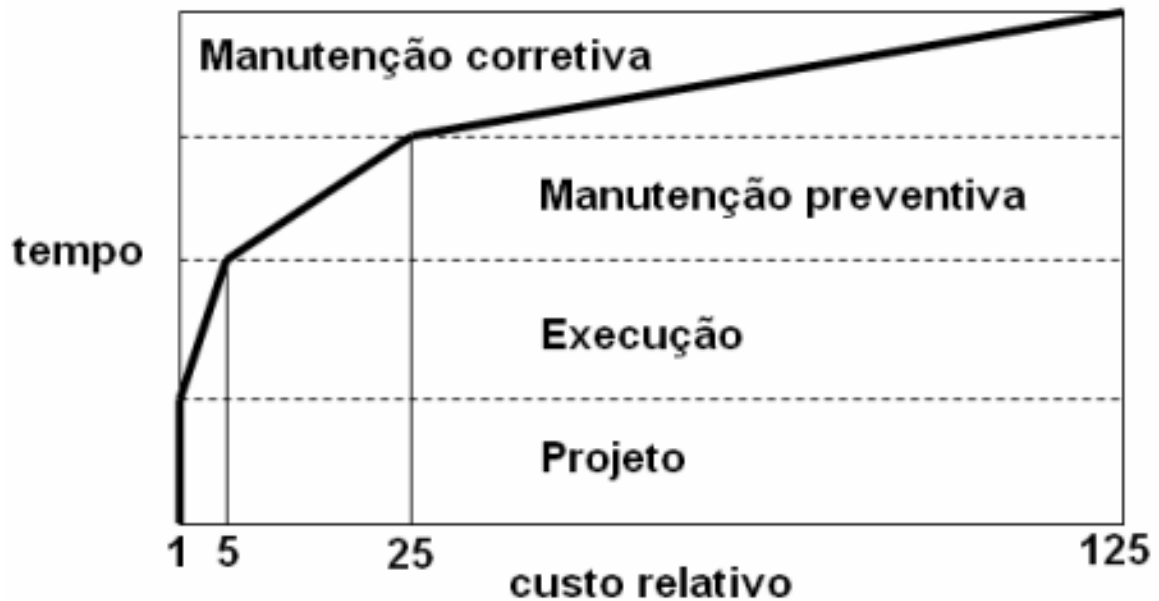


Figura 2-12 - Evolução dos custos pela fase de intervenção (Regra de Sitter)

A demora em iniciar a manutenção de uma obra torna os reparos mais trabalhosos e onerosos. A regra de Sitter mostra que os custos de intervenção crescem em função do tempo e segundo uma progressão geométrica de razão cinco. Além disso, sabe-se que as correções serão mais duráveis, mais efetivas, mais fáceis de executar e muito mais baratas quanto mais cedo forem executadas. Esse conceito é fundamental, pois, apesar de ser específico para estruturas, pode-se extrapolar os coeficientes da regra de Sitter para as demais ocorrências dentro da engenharia civil, sabendo que a intervenção é trabalhosa e onerosa, pois além dos gastos para o reforço ou reconstrução, ocorre atraso no cronograma de execução da obra. E, se caso este problema não for solucionado, além de diminuir significativamente o tempo de vida útil da obra, o custo de futuras manutenções será muito maior.

2.4 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

A imensa competitividade no mercado atual exige das empresas responsáveis respostas rápidas às adversidades impostas pelo cenário econômico e pela concorrência. As ações dessas respostas devem ser realizadas de maneira ordenada, procurando utilizar das melhores práticas possíveis e disponíveis. O conhecimento teórico de um engenheiro civil sobre gerenciamento de projetos é fundamental, por isso ele deve estudar por longo período e adquirir experiência e especificação na área. Porém, há uma equivalente necessidade de ganho

de tempo, de praticidade, de obter-se junto ao desenvolvimento pessoal, um desenvolvimento tecnológico capaz de suprir as exigências do mercado, de crescimento exponencial e menor disponibilidade de tempo.

Os sistemas de gerenciamento de projetos propiciam melhor coordenação e monitoramento das equipes de trabalho e de todos os processos existentes na execução de um projeto. No presente projeto, será estudado em especial o programa Microsoft Project, por ser o software que domina o mercado da construção civil, e por sua abrangência e iteratividade.

2.4.1 Microsoft Project (MS Project)

O Microsoft Project é uma ferramenta essencial para o gerenciamento de obras. Esse software nos fornece a integração de planejamento e controle em uma planilha com representação gráfica de fácil visualização, permitindo que o engenheiro tenha em mãos um objeto para acompanhamento diário de sua obra. Sua primeira versão foi lançada em 1985. Desde então, vem sendo atualizado e sofrendo melhorias continuamente.

O MS Project relaciona as atividades componentes do projeto, destrinchadas segundo a EAP, e alocadas segundo a precedência de cada atividade, com suas respectivas durações. Além disso, transforma esses dados de entrada num gráfico de Gantt, possibilitando uma visualização simplificada e iterativa do projeto. Percepção de tarefas novas, tarefas que estão obsolentas, tarefas não concluídas, tarefas críticas, entre as demais, ficam em fácil evidência. Além disso, tem a capacidade de recalcular rapidamente os cronogramas, caso alguma alteração seja necessária. Também, pode se inferir no projeto dados como carga horária, dias festivos, feriados, etc.

Como principais recursos do MS Project, pode-se citar:

Uso Geral

- É baseado no modelo Diagrama de Rede (ou diagrama de precedências), as tarefas do projeto são criadas na forma de blocos interligados, formando uma rede. Portanto, ele não trabalha com o diagrama de setas, que está superado;
- Utiliza tabelas no processo de entrada de dados. Há um a série padrão de tabelas e o usuário pode criar novas tabelas;
- Funciona com entrada dos quatro tipos de precedência existentes: Fim-Início, Início-

Início, Fim-Fim e Início Fim;

- Aceita tarefas que sejam recorrentes, ou seja, tarefas que ocorram de maneira repetitiva;
- Permite o estabelecimento de hierarquia de projeto, segundo a EAP, através das “tarefas-resumo”;
- Aceita a utilização de subprojetos;
- Dispõe de recursos para agrupar, classificar e filtrar tarefas;
- Possui um conjunto padrão de relatórios, e o usuário também pode criar seus próprios relatórios;

Tempo (Datas e folgas)

- A rede é calculada automaticamente com a entrada de dados (opção que pode ser desativada caso conveniente);
- Aceita definição de expediente, carga horária, feriados, etc.;
- A rede pode ser calculada do “início para o fim” ou do “ fim para o início”;
- Possui o recurso de “ datas programadas” para tarefas;
- Permite o uso do modelo probabilístico

Recursos

- Os recursos são ligados diretamente às tarefas;
- Permite redistribuição de recursos, ou seja, nivelamento de recursos, de maneira manual ou automática;

Custos

- Os custos são ligados diretamente a cada tarefa correspondente na forma de custos fixos ou de custos dos recursos alocados.

3 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)

Segundo Creder (2007), as descargas atmosféricas podem ser diretas ou indiretas. Edificações em geral e as linhas de transmissão de energia são estruturas que devem ser protegidas contra a incidência de raios. Instalações de equipamentos elétricos e eletrônicos devem ser protegidas contra os efeitos indiretos dos raios, que se traduzem em surtos induzidos ou injetados, que podem danificar as linhas de energia e de sinal e os equipamentos terminais.

Descargas atmosféricas diretas são aquelas que incidem diretamente sobre edificações, linhas de transmissão de energia ou qualquer outra instalação exposta ao tempo. Os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) diretas podem ser divididos, classicamente, em três partes, a saber:

- Rede captora de descargas;
- Descidas;
- Aterramentos.

A rede de interligação dos aterramentos e das massas metálicas da instalação, em uma concepção mais atual, pode ser considerada a quarta parte dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas.

Os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas diretas têm por objetivo básico interceptar os raios e conduzi-los para a terra. Considerando a complexidade do fenômeno e as simplificações contidas nos modelos, tem-se que não se pode garantir uma proteção absoluta, o que significa dizer que por melhor que seja dimensionado o SPDA de uma estrutura, ela poderá, eventualmente, ser atingida por um raio, especialmente pelos de menor intensidade.

Os danos causados por um raio são proporcionais à energia contida no mesmo, que, por sua vez, é função do quadrado da sua intensidade de corrente.

Tem-se, portanto, que para uma edificação provida de um sistema de proteção contra raios adequadamente dimensionados, podem-se esperar as seguintes reduções na sua vulnerabilidade às descargas diretas:

- Drástica redução da ocorrência de danos por quedas diretas (falhas de blindagem);
- Quando ocorrerem, esses danos serão de menor magnitude, em função do fato de que as falhas de blindagem estejam associadas a raios de baixa intensidade de corrente.

O dimensionamento da rede captora de um SPDA de uma edificação vem a ser um problema essencialmente geométrico, uma vez definido o nível de proteção mais adequado. A solução deste problema consiste na identificação da melhor distribuição de elementos captores pela instalação, usualmente constituídos por mastros para-raios com captor Franklin, terminais aéreos e cabos de cobre nus. O bom projeto de uma rede captora de descargas diretas não deverá, porém, atender apenas à solução geométrica, uma vez que os aspectos de estética (impacto visual) e de custo (executabilidade do projeto) são também variáveis importantes a serem consideradas.

Segundo Creder (2007), as descidas podem ser considerados como partes da malha de aterramento devem ser múltiplos, de modo a reduzir a impedância entre os elementos captores e a malha de aterramento, para distribuir a corrente de descarga por diversos condutores e por segurança, no caso de alguma descida se romper ou apresentar problema em uma conexão.

Do ponto de vista de compatibilidade eletromagnética, esses múltiplos condutores contribuem para limitar os efeitos indutivos no interior da edificação, desde que não estejam muito próximos a aparelhos eletrônicos ou sistemas sensíveis.

Deve-se ter em mente, que na maioria das edificações existem muitos equipamentos aterrados no topo dos prédios (iluminação, ar condicionado, ventilação, etc.), e que podem atuar como captores não intencionais de raios. A interação eletromagnética entre os campos estabelecidos pelas correntes de raios fluindo em vários condutores de descida distribuídos ao redor da edificação assegura que a maior parte da corrente de descarga vai descer pelos condutores externos (condutores de descida) e pelas armaduras de aço da edificação, cabendo aos condutores internos apenas uma pequena parcela da corrente de descarga.

Caso o condutor de descida tiver que passar por um duto metálico, deverá ser interligado ao mesmo em ambas as extremidades. Se tiver que passar por uma superfície metálica não deverá atravessar a mesma, e sim ser interligada à mesma em ambos os lados.

O número de descidas deve ser função do tipo de rede captora utilizada, da geometria de instalação a ser protegida (área de cobertura e altura), bem como dos seus aspectos arquitetônicos.

Deve-se evitar o lançamento de descidas paralelas a dutos que abrigam cabos de sinal, de modo a evitar induções nos mesmos. Descidas de para-raios paralelas a tubulações de gás deverão manter entre si uma distância mínima de dois metros. A equalização entre as mesmas deverá ser feita por meio de um dispositivo provido de gap.

A colocação dos condutores de descida distribuídos ao redor das fachadas resulta em que apenas 25% a 50% da energia radiada penetre em zonas ocupadas, sendo que em função do afastamento entre condutores de descida, em nenhum local ocupado a densidade de energia radiada é mais elevada que na proximidade imediata de cada condutor.

A utilização das ferragens estruturais e das fundações da edificação como elementos de interligação e de aterramento é incentivada, desde que sejam atendidos os requisitos de continuidade elétrica. Com a utilização das armaduras da construção como condutores de descida, a distribuição da corrente do raio por inúmeros condutores diminui a níveis muito baixos a energia radiada na proximidade dos elementos de descida.

A norma ABNT NBR-5419:2005 recomenda a integração dos aterramentos da instalação, o que deve ser feito com as devidas precauções, de modo a evitar as interferências indesejadas entre subsistemas distintos. De acordo com esta norma é recomendável que a resistência de aterramento seja inferior a $10\ \Omega$, sendo previstas duas alternativas básicas de aterramento:

- Anel de cabo de cobre nu de bitola mínima de 50 milímetros quadrados, diretamente enterrados no solo, no perímetro externo da edificação; ou
- Ferragem da armadura da fundação, embutida no radier da construção.

O concreto completamente seco tem resistividade elétrica muito elevada, mas, quando está embutido no solo, permanece úmido e sua resistividade torna-se semelhante à do solo circundante. Por esta razão as armaduras do concreto das fundações, quando bem interligadas, constituem um bom eletrodo de terra.

A adoção das armaduras do concreto como elementos integrantes dos sistemas de descida e aterramento de redes captoras de raios vêm a ser quase uma unanimidade internacional, em virtude do extenso histórico de utilização, e por tornar mais simples e econômico o sistema de proteção contra raios.

O uso das armaduras das construções como elementos de descida e aterramento para sistemas de proteção contra descargas atmosféricas constituiu um grande avanço na técnica da

proteção contra descargas atmosféricas, porque permitiu que se tratassem as estruturas em concreto armado como um caso particular das estruturas metálicas, simplificando o SPDA sem comprometimento da estética das edificações.

Finalmente tem-se o item 5.1.2.5.5 da ABNT NBR-5419:2005. Para as edificações de concreto armado existentes poderá ser implantado um SPDA com descidas externas ou, opcionalmente, poderão ser utilizadas como descidas as armaduras do concreto. Neste último caso, devem ser realizados testes de continuidade e estes devem resultar em resistências medidas inferiores a $1,0 \Omega$. As medições deverão ser realizadas entre o topo e base de alguns pilares e também entre as armaduras de pilares diferentes, para averiguar a continuidade através de vigas e lajes. As medições poderão ser realizadas de acordo com o Anexo E da ABNT NBR-5419:2005, conforme a seguir:

- A continuidade elétrica das armaduras de um edifício deve ser determinada medindo-se com o instrumento adequado a resistência ôhmica entre a parte superior e a parte inferior da estrutura, procedendo a diversas medições entre pontos diferentes;
- Valores medidos da mesma ordem de grandeza e inferiores a $1,0 \Omega$ são indicativos que a continuidade das armaduras é aceitável;
- O instrumento adequado para medir a resistência deve injetar uma corrente de 1 A, ou superior, entre os pontos extremos da armadura sob ensaio, sendo capaz de, ao mesmo tempo em que injeta essa corrente, medir a queda de tensão entre esses pontos (a resistência é calculada dividindo a tensão medida pela corrente injetada);
- Considerando que o afastamento dos pontos onde se faz a injeção de corrente pode ser de várias dezenas de metros, o sistema de medida deve utilizar a configuração de quatro fios, sendo dois para corrente e dois para potencial, evitando assim o erro provocado pela resistência própria dos cabos de teste e de seus respectivos contatos (podem ser utilizados miliohmímetros ou microhmímetros de quatro terminais em escalas cuja corrente seja igual ou superior a 1,0 A). A seguir, será apresentada uma figura onde está representada essa configuração ideal;

Não é admissível a utilização de multímetro convencional na função ohmímetro, pois a corrente que este instrumento injeta no circuito é insuficiente para obter resultados representativos (Figura 3.1).

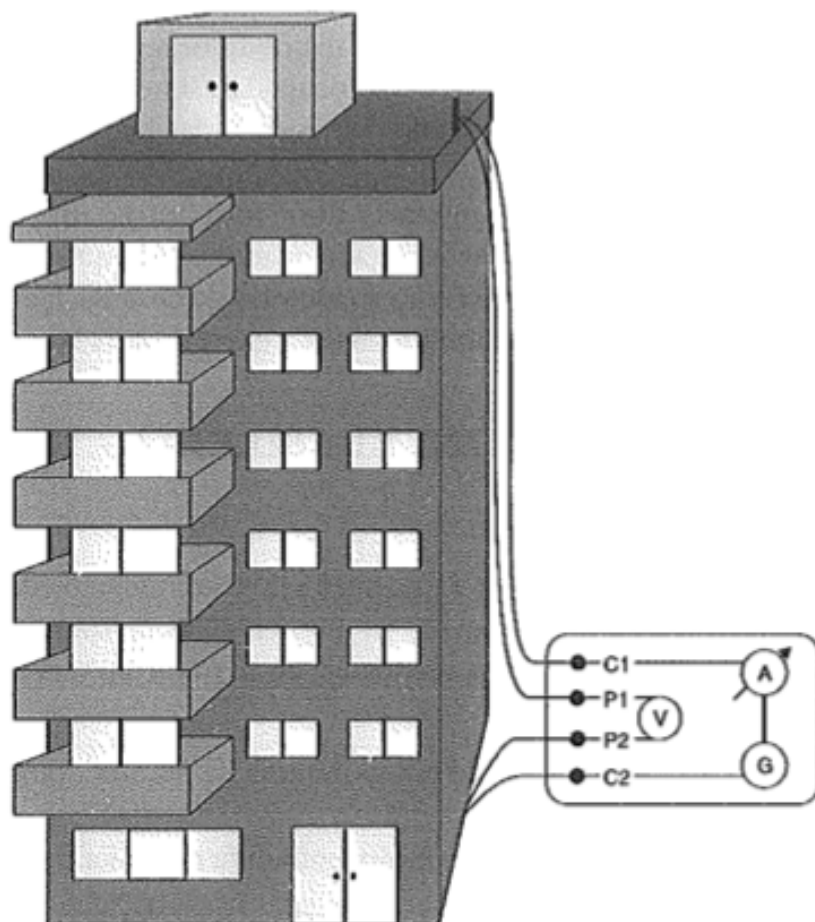


Figura 3-1 - Teste de continuidade das ferragens (Termotécnica ®).

São três os modelos de proteção admitidos pela normalização brasileira: Modelo Eletromagnético, Método Franklin e Método Faraday, sendo que apenas o último será desenvolvido no escopo desse projeto, por ser objeto do estudo de caso.

3.1 MÉTODO DE FARADAY

Neste sistema de proteção, uma rede de condutores, lançada na cobertura e nas laterais da instalação a ser protegida, forma uma blindagem eletrostática, destinada a interceptar as descargas atmosféricas incidentes. Elementos metálicos estruturais, de fachada e de cobertura, podem integrar essa rede de condutores, desde que atendam os requisitos específicos.

Edificações com estrutura metálica na cobertura e continuidade elétrica nas ferragens estruturais e aterramento em fundação, ou anel, tem bom desempenho como gaiolas de Faraday naturais, que devem ser complementados com um aterramento adequado,

preferencialmente integrado às armaduras de fundações. Mesmo quando recoberta por telhas de fibrocimento, a estrutura exercerá sua função de proteção, cabendo aos ganchos metálicos de fixação das telhas na estrutura a função de captação das descargas. Neste caso, quando da incidência de uma descarga, o súbito deslocamento de ar poderá quebrar uma telha.

O Método de Faraday é também aplicável a edificações de grande área de cobertura (usualmente prédios industriais), onde a adoção de outras técnicas de dimensionamento da rede captora implica a utilização de grande número de mastros captores, que demandam uma ampla rede de condutores de interligação que, por si só, já é uma aproximação de uma gaiola de Faraday. Frequentemente este tipo de prédio é construído com telhas de concreto protendido, com grandes vãos livres. Neste caso, é importante evitar a incidência de descargas diretas nas telhas, pois a corrente vai procurar a ferragem da estrutura, dando origem ao risco de rachadura do concreto e de danos nas ferragens estruturais ou de sua exposição ao tempo.

As estruturas altas podem estar sujeitas a descargas laterais, como se tem observado. Edifícios excedendo 20 a 30 metros de altura, como no estudo de caso desse projeto, devem, portanto, ser providos de elementos captores nas fachadas. Revestimentos, caixilhos de janelas, trilhos, condutores de descida e outros elementos metálicos presentes nas fachadas da estrutura podem ser usados com esta finalidade.

3.2 CRITÉRIOS DA NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR-5419:2005

3.2.1 Classificação das instalações

Os critérios de proteção a serem aplicados a cada instalação deverão ser selecionados de acordo com o nível de proteção aplicável à estrutura. A Tabela 3.1 apresenta exemplos de classificação de nível de proteção para diferentes tipos de instalação.

O anexo B (normativo) da ABNT NBR-5419:2005 – Método de Seleção do Nível de Proteção – apresenta uma metodologia para a avaliação da necessidade de instalação de um SPDA em uma estrutura ou edificação.

Tabela 3.1 Exemplos de Classificação de Estruturas quanto ao Nível de Proteção (ABNT NBR-5419:2005)

Classificação da Estrutura	Tipo da Estrutura	Efeitos das Descargas Atmosféricas	Nível de Proteção
Estruturas comuns ¹	Residências	Perfuração da isolamento de instalações elétricas, incêndio, e danos materiais Danos normalmente limitados a objetos no ponto de impacto ou no caminho do raio	III
	Fazendas, estabelecimentos agropecuários	Risco direto de incêndio e tensões de passo perigosas Risco indireto devido à interrupção de energia, e risco de morte para animais devido à perda de controles eletrônicos, ventilação, suprimento de alimentação, e outros	III ou IV ²
	Teatros, escolas, lojas de departamentos, áreas esportivas e igrejas	Danos às instalações elétricas (p. ex., iluminação) e possibilidade de pânico Falha do sistema de alarme contra incêndio, causando atraso no socorro	II
	Bancos, companhias de seguro, companhias comerciais, e outros	Como acima, além de efeitos indiretos com a perda de comunicações, falhas dos computadores e perda de dados	II
	Hospitais, casas de repouso e prisões	Como para escolas, além de efeitos indiretos para pessoas em tratamento intensivo, dificuldade de resgate de pessoas imobilizadas	II
	Indústrias	Efeitos indiretos conforme o conteúdo das estruturas, variando de danos pequenos a prejuízos inaceitáveis e perda de produção	III
	Museus, locais arqueológicos	Perda de patrimônio cultural insubstituível	II
Estruturas com risco confinado	Estações de telecomunicação, usinas elétricas Indústrias	Interrupção inaceitável de serviços públicos por breve ou longo período de tempo Risco indireto para as imediações devido a incêndios, e outros com risco de incêndio	I
Estruturas com risco para os arredores	Refinarias, postos de combustível, fábricas de fogos, fábricas de munição	Risco de incêndio e explosão para a instalação e seus arredores	I
Estruturas com risco para o meio ambiente	Indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios bioquímicos	Risco de incêndio e falhas de operação, com consequências perigosas para o local e para o meio ambiente	I

3.2.2 Rede Captora de Raios

A Tabela 3.2 apresenta os quatro pares de valores de R e I_m , considerados pela norma ABNT NBR-5419:2005, cada um associado a um nível de proteção. O valor de crista de corrente do raio é associado à sua capacidade de destruição, admitindo-se que as correntes de descarga superiores a 10 kA são capazes de transferir energia para a umidade contida no

concreto, em quantidade suficiente para vaporiza-la. O súbito aumento do volume do vapor d'água nos poros do concreto (até 1800 vezes o seu volume original) provoca a sua rachadura. Tem-se, ainda, que 20 a 30% dos raios possui a corrente de descarga de retorno com intensidade superior a 10kA.

Tabela 3.2 Raio de Atração (R) em Função da Corrente (Im)

Nível de Proteção	Distância R (m)	Valor de Crista de I_{max} (kA)
I	20	3
II	30	5
III	45	10
IV	60	15

O que acontece com um prédio de concreto armado não protegido quando atingido por um raio? O raio descasca o concreto até encontrar um ferro estrutural, e a partir daí desce até as ferragens das fundações e desta flui para o solo, sem nenhum comprometimento da estrutura (não há registro na literatura técnica de desabamento de um prédio de concreto armado provocada por queda de raio). O que ocorre é a queda de pedaços de reboco, de revestimento ou mesmo de concreto, no ponto de injeção da corrente do raio, especialmente quando a incidência ocorre na borda da cobertura do prédio (Figura 3.2).



Figura 3-2 Danos causados por raios em um edifício

O nível de proteção III, associado à corrente de descarga de 10 kA, pode ser considerado, então, como um critério de aplicação geral para o dimensionamento do sistema de proteção de instalações. Para os casos de instalações que possam ser associadas a um risco mais elevado no caso de incidência de raios, a norma prevê os níveis de proteção I e II, existindo também um nível IV para as instalações com uma expectativa de risco menor.

3.2.3 Aplicação da Norma a uma Edificação

A Figura 3.3 apresenta um sistema simplificado de instalação de SPDA pelo método da gaiola de Faraday em uma edificação, para simples visualização, sem muito detalhamento.

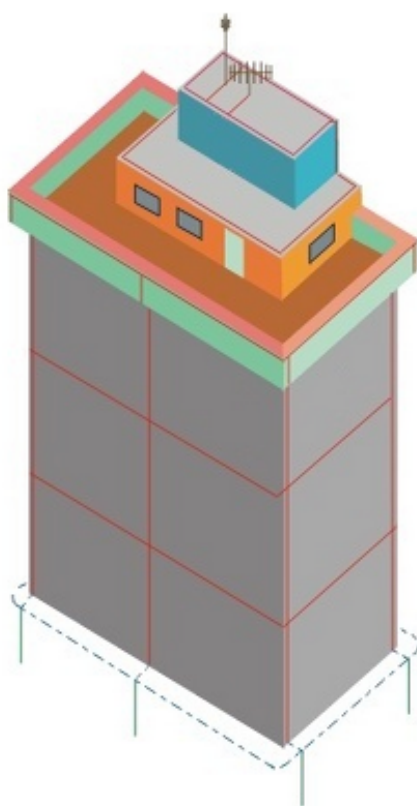


Figura 3-3 - Instalação de SPDA simplificada, gaiola de Faraday.

A Figura 3.4 apresenta a aplicação dos critérios da norma para a proteção de uma edificação, onde podem ser observados:

- A rede captora de descargas;
- As descidas;
- O aterramento;

- As equipotencializações, em cada pavimento, com a rede elétrica e com ferragens estruturais.

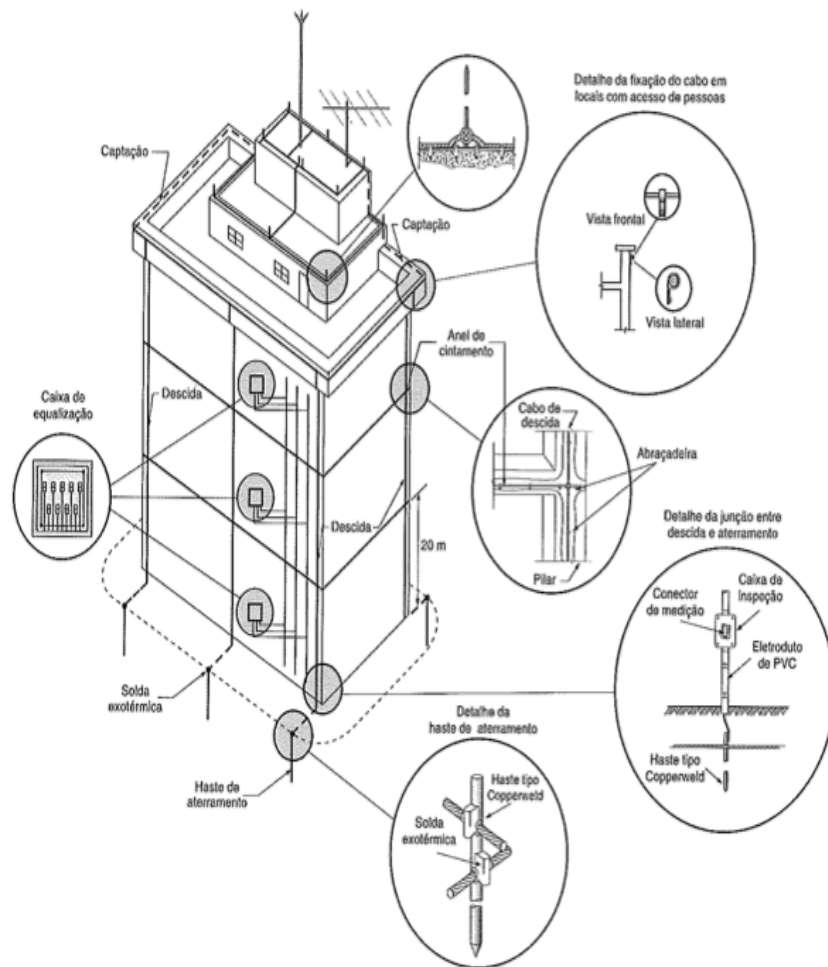


Figura 3-4 - Sistema de proteção aplicado a um prédio. (Termotécnica ®)

3.2.4 Materiais utilizados em SPDA

A Figura 3.5 apresenta os diversos materiais utilizados em SPDA.

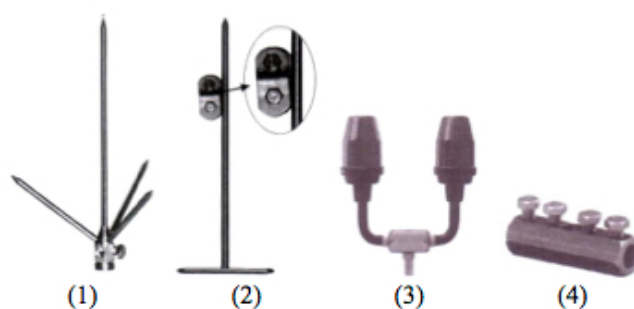


Figura 3-5 Materiais para instalações de para-raios.

Onde:

- (1) Captor Franklin;
- (2) Terminais aéreos;
- (3) Sinalizadores;
- (4) Conectores;

A Figura 3.6 mostra uma haste de aterramento de cobre nú utilizado em obras.



Figura 3-6 Haste de aterramento de cobre nú com conector

4 METODOLOGIA

A análise do projeto foi fundamentada na concepção do planejamento completo da obra, assim como estabelecimento de diretrizes para seu controle pleno e eficaz. O projeto foi desenvolvido por meio de levantamento de quantitativos gerais da obra, montagem da estrutura analítica de projeto (EAP), identificação e detalhamento das atividades, estabelecimento de prazos. Todo esse esforço culminou na formulação da planilha de planejamento da obra, que foi desenvolvida no software Microsoft Project 2013. Por fim, foi analisado o projeto de SPDA do estudo de caso e hipóteses quanto à sua execução foram levantadas. Havendo necessidade de correção desse projeto, baseada na utilização do ciclo PDCA, tais correções foram efetuadas e assim foi realizado um estudo comparativo entre essa medida corretiva realizada em tempo hábil, como sugerido no projeto, com sua fictícia posterior realização, após diversas etapas sucessoras serem executadas, comparando como e quanto isso influenciou na obra como um todo.

4.1 ESTUDO DE CASO

O presente projeto toma como base para desenvolvimento um empreendimento iniciado em 2011, porém passado por um extenso período de inatividade, por mudança de gestão, e retomado em janeiro de 2014 pela empresa que a gerencia desde então. A obra é localizada em Águas Claras/DF (Figura 4.1). Um local de solo bem argiloso e saturado, com vibrações oriundas do metrô da cidade, e água brotando à pouca profundidade, algo bem complicado para a parte de geotecnia e fundações.

Trata-se de um edifício de uso misto, destinado à comércio no pavimento térreo e habitação nos pavimentos superiores, com entradas independentes. O terreno possui 2.646 metros quadrados, e é prevista uma área total construída de 29.721,13 metros quadrados para esse empreendimento. A seguir, apresenta-se uma ficha técnica da obra, concedida pela incorporadora que o gerencia:

- Características do empreendimento: Edifício de uso misto, destinado a comércio no pavimento térreo e habitação nos pavimentos superiores com entradas independentes. São 11 lojas e 217 apartamentos com 1 quarto/suíte e apartamentos duplex com 2 quartos/2 suítes, com varanda e/ou terraço e 271 vagas para veículos de porte pequeno

e médio.

- Área do terreno: 2.646m^2
- Número de pavimentos: 1 pavimento térreo destinado à acesso e lojas comerciais, 22 pavimentos destinados à habitação, 1 pavimento elevado destinado ao uso comum/atividades/lazer para uso somente pelo residencial, 4 pavimentos em subsolo destinados à garagem e 1 pavimento destinado à casa de máquinas/reservatório elevado.
- Quantidade de unidades autônomas: 217 apartamentos no empreendimento sendo que: 44 apartamentos duplex com 2 quarto/ 2 suítes, lavabo e varanda; 20 apartamentos com 2 quartos/ 1 suíte e varanda; 153 apartamentos com 1 quarto/1suíte e varanda;
- 10 lojas no pavimento térreo com WC sem vaga de garagem; 1 loja no pavimento térreo com WC e 2 vagas de garagem vinculadas sendo 1 solta e 1 presa (loja 3); 24 vagas de garagem no pavimento elevado;
- Apartamentos por pavimento: Variável;
- Área total construída: $29.721,13\text{m}^2$
- Quantidade de vagas de garagem: 271 vagas no empreendimento
- Acessos verticais: 5 elevadores (4 sociais num único hall e 1 de serviço/emergência); 2 escadas enclausuradas destinadas ao escape de emergência.



Figura 4-1 Edifício do estudo de caso

5 RESULTADOS OBTIDOS

5.1 ESTRUTURA ANALÍTICA DO ESTUDO DE CASO

A partir de um estudo detalhado do projeto, criou-se um diagrama com base em todas as atividades necessárias para execução do projeto. Vale ressaltar que o nível de aprofundamento da estrutura analítica de projeto convém a cada engenheiro em particular. Realizado um estudo da demanda do projeto, definindo a precedência das atividades por conhecimento histórico da engenharia, podem-se dispor tais atividades de maneira a facilitar o entendimento da obra como um todo, e também que se definam prazos e caminho crítico da obra. Na Figura 5.1 é apresentado a EAP do estudo de caso.

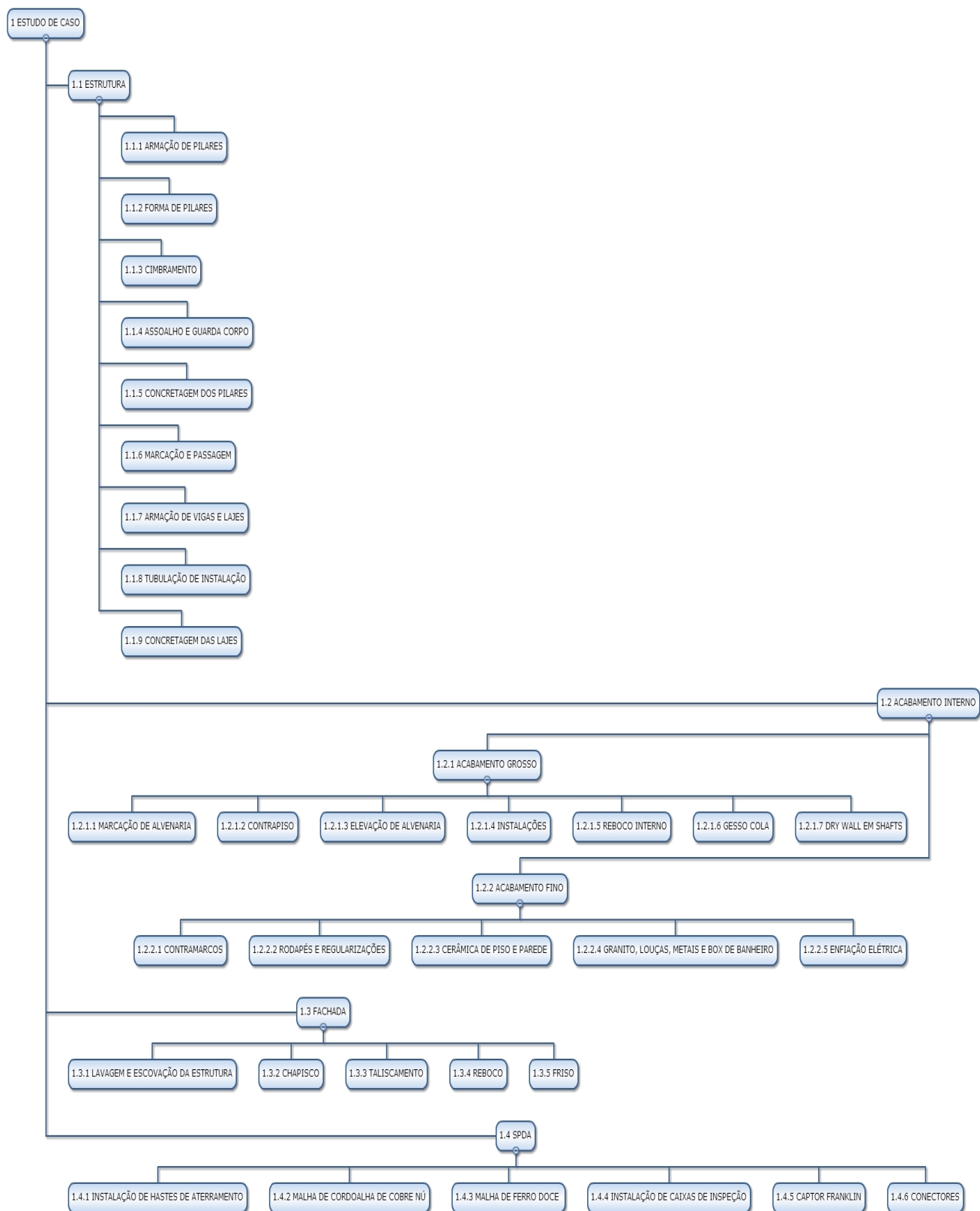


Figura 5-1 EAP do estudo de caso

A partir da EAP estabelecida e bem definida, tem-se clareza para traçar a sequência do planejamento da obra. Portanto, a partir da Figura 5.1, pode-se fixar os prazos e dimensionar as equipes de trabalho necessárias para alcançar os objetivos traçados, especialmente para o caso de instalações SPDA nesse projeto.

5.2 PLANEJAMENTO DO ESTUDO DE CASO

O método escolhido para execução da planilha de planejamento do estudo de caso foi fixar-se os prazos, e, a partir disso dimensionar as equipes de trabalho e os recursos da obra. Tal método normalmente é escolhido por construtoras, pois há um prazo limite de entrega da obra, caso contrário haverá custos consideráveis para os investidores. A partir da estrutura analítica de projeto, e da fixação de prazos, monta-se a planilha de planejamento.

Dada a extensão do estudo de caso, quase 30.000 metros quadrados de área construída, optou-se por dispor no escopo do presente projeto apenas algumas exemplificações de cada planilha de planejamento. Isso se torna viável, didaticamente, visto que em um mesmo grupo de estudo, as atividades tendem a se repetir para cada pavimento, alterando logicamente seus prazos, e por vezes o dimensionamento de equipe.

A apresentação da planilha pelo programa Microsoft Project é bastante simples, a disposição é feita em quatro colunas, são elas:

- Nome da tarefa;
- Duração da tarefa;
- Data de início previsto;
- Data de término previsto;

Nota: A apresentação das planilhas completa com respectivos gráficos de Gantt se encontram disponíveis em anexo digital. Optou-se por não apresentar as planilhas por completo no escopo desse projeto visto a grande extensão (22 pavimentos tipos e mais quatro pavimentos de subsolo, além de térreo, garagem e pilotis) e periodicidade que apresentam.

Primeiramente, apresenta-se o exemplo de planejamento adotado para a parte estrutural do estudo de caso. A Tabela 5.2 exemplifica o planejamento da parte de subsolo, e a Tabela 5.3 de um pavimento tipo. Observa-se que os prazos para cumprimento de cada atividade são distintos. Isso pode ser explicado pela diferença de área das etapas, e de disposição de

equipes. Optou-se por contratar empreiteiras para diversos serviços como montagem de formas e armação, a partir dos pavimentos tipos, o que acelera a produção.

Nas Tabelas 5.4 e 5.5, de acordo com a EAP montada, apresenta-se a planilha de planejamento da parte de acabamento interno. Optou-se por dividir a parte de acabamento interno em acabamento “fino” e acabamento “grosso” com os itens relativos a cada sessão dispostos conforme Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Divisão do acabamento interno em grosso e fino

Acabamento interno grosso	Acabamento interno fino
- Marcação de alvenaria;	- Chumbamento de contramarcos;
- Contrapiso;	- Execução de rodapés e regularizações;
- Elevação de alvenaria;	- Execução de cerâmica de piso;
- Instalações elétricas e hidráulicas, passagem de tubulações e caixinhas;	- Execução de cerâmica de parede;
- Reboco Interno;	- Execução de peças de granito na cozinha e peitoris;
- Gesso Cola;	- Instalação de louças, metais e box de banheiro;
- Dry Wall para fechamento de shafts.	- Enfição elétrica.

Tabela 5.2 Exemplo de planilha de planejamento estrutural do subsolo

Nome da tarefa	Duration	Start	Finish
ESTRUTURAL ESTUDO DE CASO	297 days	Tue 22/07/14	Mon 13/07/15
4º SUBSOLO	20 days	Tue 22/07/14	Wed 13/08/14
1- ARMAÇÃO DE PILARES	4 days	Tue 22/07/14	Fri 25/07/14
2- FORMA DE PILARES	2 days	Sat 26/07/14	Mon 28/07/14
3- CIMBRAMENTO// ESCORAMENTO METÁLICO	4 days	Tue 29/07/14	Fri 01/08/14
4- ASSOALHO E GUARDA CORPO	2 days	Sat 02/08/14	Mon 04/08/14
5- CONCRETAGEM DOS PILARES/MARCAÇÃO E PASSAGEM	2 days	Tue 05/08/14	Wed 06/08/14
6- ARMAÇÃO E TUBULAÇÃO DE INSTALAÇÃO	4 days	Thu 07/08/14	Mon 11/08/14
7- CONCRETAGEM DAS LAJES	2 days	Tue 12/08/14	Wed 13/08/14
3º SUBSOLO	20 days	Wed 13/08/14	Thu 04/09/14
1- ARMAÇÃO DE PILARES	4 days	Wed 13/08/14	Sat 16/08/14
2- FORMA DE PILARES	2 days	Mon 18/08/14	Tue 19/08/14
3- CIMBRAMENTO// ESCORAMENTO METÁLICO	4 days	Wed 20/08/14	Sat 23/08/14
4- ASSOALHO E GUARDA CORPO	2 days	Mon 25/08/14	Tue 26/08/14
5- CONCRETAGEM DOS PILARES/MARCAÇÃO E PASSAGEM	2 days	Wed 27/08/14	Thu 28/08/14
6- ARMAÇÃO E TUBULAÇÃO DE INSTALAÇÃO	4 days	Fri 29/08/14	Tue 02/09/14
7- CONCRETAGEM DAS LAJES	2 days	Wed 03/09/14	Thu 04/09/14

Nota: A planilha de planejamento estrutural completa se encontra no ANEXO A.

Tabela 5.3 Exemplo de planilha de planejamento de pavimento tipo

1º PAVIMENTO	9 days	Fri 21/11/14	Mon 01/12/14
1- ARMAÇÃO DE PILARES	2 days	Fri 21/11/14	Sat 22/11/14
2- FORMA DE PILARES	1 day	Mon 24/11/14	Mon 24/11/14
3- CIMBRAMENTO// ESCORAMENTO METÁLICO	1 day	Tue 25/11/14	Tue 25/11/14
4- ASSOALHO E GUARDA CORPO	1 day	Wed 26/11/14	Wed 26/11/14
5- CONCRETAGEM DOS PILARES/MARCAÇÃO E PASSAGEM	1 day	Thu 27/11/14	Thu 27/11/14
6- ARMAÇÃO E TUBULAÇÃO DE INSTALAÇÃO	2 days	Fri 28/11/14	Sat 29/11/14
7- CONCRETAGEM DAS LAJES	1 day	Mon 01/12/14	Mon 01/12/14

Tabela 5.4 Exemplo de planilha de planejamento de acabamento interno grosso

Nome da tarefa	Duration	Start	Finish
CRONOGRAMA DE ACABAMENTO INTERNO ESTUDO DE CASO	116 days	Mon 20/04/15	Fri 04/09/15
1º PAVIMENTO	32 days	Mon 20/04/15	Thu 28/05/15
1 - MARCAÇÃO DE ALVENARIA	4 days	Mon 20/04/15	Fri 24/04/15
2 - CONTRAPISO	5 days	Sat 25/04/15	Thu 30/04/15
3 - ELEVAÇÃO DE ALVENARIA	5 days	Sat 02/05/15	Thu 07/05/15
4 - INFRA INSTALAÇÕES - KITS TUBULAÇÕES	4 days	Fri 08/05/15	Tue 12/05/15
5 - REBOCO INTERNO	5 days	Wed 13/05/15	Mon 18/05/15
6 - GESSO COLA	5 days	Tue 19/05/15	Sat 23/05/15
7 - DRY WALL/ SHAFTS	4 days	Mon 25/05/15	Thu 28/05/15
2º PAVIMENTO	32 days	Sat 25/04/15	Tue 02/06/15
1 - MARCAÇÃO DE ALVENARIA	4 days	Sat 25/04/15	Wed 29/04/15
2 - CONTRAPISO	5 days	Thu 30/04/15	Wed 06/05/15
3 - ELEVAÇÃO DE ALVENARIA	5 days	Thu 07/05/15	Tue 12/05/15
4 - INFRA INSTALAÇÕES - KITS TUBULAÇÕES	4 days	Wed 13/05/15	Sat 16/05/15
5 - REBOCO INTERNO	5 days	Mon 18/05/15	Fri 22/05/15
6 - GESSO COLA	5 days	Sat 23/05/15	Thu 28/05/15
7 - DRY WALL/ SHAFTS	4 days	Fri 29/05/15	Tue 02/06/15

Nota: A planilha de planejamento de acabamento interno “grosso” completa se encontra no ANEXO B.

Tabela 5.5 Exemplo de planilha de planejamento de acabamento interno fino

CRONOGRAMA DE ACABAMENTO INTERNO FINO ESTUDO DE CASO	143 days	Tue 04/08/15	Thu 21/01/16
1º PAVIMENTO	131 days	Tue 04/08/15	Thu 07/01/16
1 - CONTRAMAROS	6 days	Tue 04/08/15	Mon 10/08/15
2 - RODAPÉS E REGULARIZAÇÕES	6 days	Tue 11/08/15	Mon 17/08/15
3 - CERÂMICA DE PISO	8 days	Tue 18/08/15	Wed 26/08/15
4 - CERÂMICA DE BANHEIRO	6 days	Thu 27/08/15	Wed 02/09/15
5 - GRANITO	5 days	Thu 03/09/15	Wed 09/09/15
6 - INSTALAÇÃO DE LOUÇAS, METAIS E BOX	7 days	Thu 10/09/15	Thu 17/09/15
7 - ENFIAÇÃO ELÉTRICA	4 days	Mon 04/01/16	Thu 07/01/16
2º PAVIMENTO	127 days	Sat 08/08/15	Thu 07/01/16
1 - CONTRAMAROS	6 days	Sat 08/08/15	Fri 14/08/15
2 - RODAPÉS E REGULARIZAÇÕES	6 days	Sat 15/08/15	Fri 21/08/15
3 - CERÂMICA DE PISO	8 days	Mon 24/08/15	Tue 01/09/15
4 - CERÂMICA DE BANHEIRO	6 days	Wed 02/09/15	Wed 09/09/15
5 - GRANITO	5 days	Thu 10/09/15	Tue 15/09/15
6 - INSTALAÇÃO DE LOUÇAS, METAIS E BOX	7 days	Wed 16/09/15	Wed 23/09/15
7 - ENFIAÇÃO ELÉTRICA	4 days	Mon 04/01/16	Thu 07/01/16

Nota: A planilha de planejamento de acabamento interno “fino” completa se encontra no ANEXO C.

Finalmente, apresenta-se na Tabela 5.6, o planejamento correspondente às fachadas do prédio, onde se foi determinado execução em duas frentes distintas. Em andaime do térreo ao 11º pavimento, e em balancim da cobertura ao 12º pavimento. Essa escolha visa à execução em simultaneidade, a fim de encurtar o prazo final e manter equipes de trabalho não muito extensas. Segue exemplo para frente realizada em andaimes, dividida em duas zonas descritas.

Tabela 5.6 Exemplo de planilha de planejamento de fachada

Nome da tarefa	Duration	Start	Finish
FACHADA ESTUDO DE CASO	153 days	Fri 31/07/15	Mon 25/01/16
MONTAGEM DE ANDAIME (1ª ETAPA)	12 days	Fri 31/07/15	Thu 13/08/15
PRIMEIRA ZONA (10º ao 6º andar)	27 days	Fri 14/08/15	Mon 14/09/15
LAVAGEM E ESCOVAÇÃO DA ESTRUTURA	5 days	Fri 14/08/15	Wed 19/08/15
CHAPISCO	5 days	Thu 20/08/15	Tue 25/08/15
TALISCAMENTO	5 days	Wed 26/08/15	Mon 31/08/15
REBOCO	8 days	Tue 01/09/15	Wed 09/09/15
FRISO	4 days	Thu 10/09/15	Mon 14/09/15
SEGUNDA ZONA (5º ao 1º andar)	27 days	Fri 21/08/15	Mon 21/09/15
LAVAGEM E ESCOVAÇÃO DA ESTRUTURA	5 days	Fri 21/08/15	Wed 26/08/15
CHAPISCO	5 days	Thu 27/08/15	Tue 01/09/15
TALISCAMENTO	5 days	Wed 02/09/15	Mon 07/09/15
REBOCO	8 days	Tue 08/09/15	Wed 16/09/15
FRISO	4 days	Thu 17/09/15	Mon 21/09/15
PEITORIL DE GRANITO (1º ao 10º andar)	15 days	Fri 11/09/15	Mon 28/09/15
PINTURA DOS REQUADROS DE JANELA	15 days	Tue 29/09/15	Thu 15/10/15

Nota: A planilha de planejamento de fachadas completa se encontra no ANEXO D.

Vale ressaltar que, apesar da execução em simultaneidade temporal, não se pode executar as duas frentes de fachada em simultaneidade espacial, visto que é contra as normas de segurança ocorrer trabalhos em balancim e em andaime abaixo do balancim ao mesmo tempo, pois há iminente risco de queda de detritos e comprometimento de saúde de operários. Todavia, pode-se executar uma das quatro faces da fachada em balancim simultaneamente à outra face da fachada do prédio, em andaime.

5.3 ORÇAMENTO DO ESTUDO DE CASO COM FOCO PARA SPDA

O Custo Unitário Básico do Distrito Federal (CUB-DF/m²) apresentou o valor de R\$ 1.068,63 em dezembro. O estudo de caso apresenta previsão de área total construída de 29.721,13 metros quadrados. De maneira grosseira, estima-se que o empreendimento custará cerca de 42 milhões de reais para ser concretizado. Portanto, fazendo uma conta estimada,

encontra-se um CUB/m² de R\$ 1.413,14. De acordo com o SINDUSCON-DF, órgão responsável por estimar esse dado, não é considerado nessa estimativa itens adicionais como elevadores e fundações especiais. O caso de fundações é extremamente complexo no estudo de caso, visto que a obra ficou cerca de três anos parada apenas em fundação. Um solo extremamente argiloso, combinado com passagem de metrô ao lado da área do terreno, gerando vibrações excessivas, e ainda o fato de possuir água iminente e abundante no terreno, pode explicar um pouco da complexidade acerca da realização da parte de fundação do projeto.

A partir da especificidade do projeto em levantar custos relativos à execução de SPDA na obra, restringi-se o orçamento a esse estudo. Para levantar os custos relativos a essa frente de serviço, deve-se levantar os itens componentes do serviço a partir de estudo de projeto. Chega-se no seguinte levantamento, Tabela 5.7, com os itens especificados de acordo com projeto e norma:

Tabela 5.7 - Levantamento de itens a serem utilizados nas instalações de SPDA

Levantamento de itens a serem utilizados nas instalações de SPDA				
Itens	Horizontal	Vertical	Unidades	Total
Caixa de inspeção para aferição da continuidade elétrica			14	14 unidades
Haste de aterramento 5/8" x 2400mm			48	48 unidades
Cordoalha de cobre nú de 50 mm para aterramento	180 m			180 m
Ferro doce liso CA-25 de 3/8"	630 m	1113 m		1743 m
Conector de emenda para cabo latão 16/70mm com 4 parafusos			145	145 unidades
Captor de descida de 300mm			1	1 peça

A partir do levantamento realizado, foi feita pesquisa de mercado em diversos fornecedores e então se chegou a uma estimativa de custos apresentada na Tabela 5.8. Deve-se levar em consideração, que os custos descritos a seguir são relativos ao mês janeiro do ano 2015, período em que foi feita a pesquisa.

Lembrando que, não foi descrito custo relativo à mão de obra para execução desse serviço. Porém, como a execução de tal serviço é relativamente simples, mediante a complexidade de outros serviços presentes numa obra, e, ainda, que para tal execução seria necessário 1 eletricitista e 1 ajudante, o que já se tem disponível na obra, optou-se por não somar valores relativos à mão de obra para entendimento desse projeto. Chegou-se então, num valor total de R\$ 11.288,36 reais. Percebe-se que o item mais relevante economicamente nessa etapa de obra é a cordoalha de cobre nú de 50 mm para aterramento, utilizada apenas no 4º subsolo da obra, para realização da malha desse bloco, do aterramento, e da medição do aterramento, sendo que após essa estação, emenda-se essa cordoalha de cobre nú no ferro doce, bem mais barato, e com baixa resistividade elétrica também, favorável economicamente para se alocar no restante da gaiola de Faraday, compondo as descidas e demais malhas do prédio.

Tabela 5.8 - Levantamento de itens a serem utilizados nas instalações de SPDA

Orçamento de itens nas instalações de SPDA			
Itens	Custo unitário de mercado	Quantidade de itens	Custo total (R\$)
Caixa de inspeção para aferição da continuidade elétrica	4,67 R\$/unidade	14 unidades	65,38
Haste de aterramento 5/8" x 2400mm	15,84 R\$/unidade	48 unidades	760,32
Cordoalha de cobre nú de 50 mm para aterramento	25,60 R\$/m	180 m	4.608,00
Ferro doce liso CA-25 de 3/8"	2,12 R\$/m	1743 m	3.695,16
Conector de emenda para cabo latão 16/70mm com 4 parafusos	14,70 R\$/unidade	145 unidades	2.131,50
Captor de descida de 300mm	28,00 R\$/peça	1 unidade	28
TOTAL:			11.288,36

Comparando-se o valor de R\$ 11.288,36 reais encontrado para instalação completa do SPDA com o valor total estimado de execução da obra, cerca de 42 milhões de reais, obtém-se como dado que a instalação do SPDA representa apenas 0,027% do custo total do

empreendimento, ou seja, é um valor realmente irrisório se comparado com o total da obra. Dentro de uma de curva ABC, descrita nesse projeto, encontraríamos o item SPDA no parâmetro C da curva, ou seja, 50% dos itens que corresponde a 10% do valor total dos itens da obra. Concluindo que realmente, o fator custo dessa etapa de uma obra é irrisório perto do global. A importância que esse projeto procura mostrar é na questão de segurança para os moradores, e também na questão de retrabalho e perda de prazos de projeto.

Segundo a regra de Sitter, descrita no escopo do projeto, se tomássemos como parâmetro o valor 1 para a correção que foi feita, na fase de projetos, estima-se que essa mesma correção, se efetuada em fase de manutenção corretiva, com todo prédio contruído, poderia custar até 125 vezes a mais. Isso é gera um prejuízo de extrema importância na prática de engenharia, e tem que ser evitado. Além disso, vale a pena ressaltar a questão de perda de prazo, que ocorre intrinsicamente com o retrabalho. Ter que refazer o sistema de proteção contra descargas atmosféricas quase por completo novamente demandaria tempo extenso, que normalmente falta na construção civil, pois se lida com prazos apertados.

5.4 EXEMPLO DE CONTROLE DO ESTUDO DE CASO

Parâmetros de controle de obras foram descritos e direcionados ao longo de todo texto. Citando um importante controle em obras, pode-se exemplificar o controle de efetivo diário e locação do pessoal em serviços. Deve-se pegar a planilha de efetivo com o apontador da obra e a partir dela verifica-se com cada encarregado onde cada operário está trabalhando, e se isso corresponde com o que o engenheiro tem de programado para aquele momento.

Isso deve ser feito com a maior frequência possível, pois só assim o engenheiro saberá se a equipe que dimensionou está corretamente sendo aplicada, pois muitas vezes em obras convive-se com deslocamento de funcionários para ajudar em outras atividades que não a que foi designado para.

Portanto, é importantíssimo que o engenheiro esteja à frente de tudo que está acontecendo na obra diariamente.

A seguir, um exemplo de efetivo do estudo de caso, (Figura 5.2) com as equipes dimensionadas e contratadas para o período em questão. Lembrando-se que o engenheiro deve saber onde cada funcionário está alocado, e quais serviços estão ocorrendo no momento, e que as equipes foram dimensionadas de acordo com o período em que se encontra a construção e

com os prazos estipulados para realização de cada atividade. Para se dimensionar uma equipe de trabalho, podem-se adquirir dados de produtividades de funcionários através da tabela TCPO, e assim comparar com a necessidade da obra e obter-se uma aproximação boa do tamanho da equipe que será necessária para se ter em campo. Porém, sabe-se que a tendência dentro da construção civil é que os funcionários optem por trabalhar cada vez mais em esquema de metas, recebendo mais por sua produção. Portanto, é sempre bom se prever o uso desse sistema de produção para realiar medições com empreiteiros e pagamento de funcionários.

FREQUÊNCIA EFETIVA DIÁRIA

OBRA CASA ESTUDO DE CASO

DATA	14/01/2015
	quarta-feira

FUNÇÃO	FICHADOS	AVULSOS	ATIVO	ADMISSÃO	DEMISSÃO	AUSENTE	INSS	TOTAL
1.0 - ADMINISTRAÇÃO								
Gerente de Engenharia	-							-
Gerente da Obra	1,00		1,00			1,00		-
Almoxarife / Administrativo	1,00		1,00					1,00
Apontador	1,00		1,00					1,00
Assis. de Engenharia	1,00		1,00					1,00
Aux. De Serviço Gerais	1,00		1,00					1,00
Enc. Administrativo Financeiro			-					-
Tec.segurança	1,00		1,00					1,00
Enc. de Carpinteiro	1,00		1,00					1,00
Enc. de Pedreiro	1,00		1,00					1,00
Mestre de Obra	1,00		1,00					1,00
Mestre de Instalação	1,00		1,00					1,00
Engenheiro de Produção			-					-
Estagiario de Engenharia	2,00		2,00					2,00
Estagiaria de Arquitetura			-					-
Sub-Total	12,00	-	12,00	-	-	1,00	-	11,00
FUNÇÃO	FICHADOS	AVULSOS	ATIVO	ADMISSÃO	DEMISSÃO	FALTA	INSS	TOTAL
2.0 - CAMPO								
Servente Comum	26,00		26,00			1,00		25,00
Ajud. Comum Eletrica			-			-		-
Ajud. Comum Bombeiro			-			-		-
Ajud. Comum Pedreiro			-			-		-
Ajud. Prat. Bombeiro			-			-		-
Ajud. Prat. Armador			-			-		-
Ajud. Prat. Carpintaria			-			-		-
Bombeiro	3,00		3,00			-		3,00
Pedreiro	6,00		6,00			1,00		5,00
Carpinteiro	16,00		16,00	1,00		-	1,00	16,00
Eletricista	3,00		3,00			-		3,00
Marteleteiro	1,00		1,00			-		1,00
Sinaleiro	1,00		1,00			-		1,00
Armador			-			-		-
Operador de Prancha			-			-		-
Operador de Betoneira	1,00		1,00			-		1,00
Operador de Grua	1,00		1,00			-		1,00
Montador	1,00		1,00			-		1,00
Agente de Portaria	1,00		1,00			-		1,00
GUARDIAO DE OBRA	2,00	2,00	-			-		-
Sub-Total	62,00		60,00	1,00	-	2,00	1,00	58,00
Total	74,00		EFETIVO DO DIA					69,00
3.0 - EMPREITEIROS								
	FUNÇÕES / QUANTIDADE							
	ENCARREGADO	PEDREIROS	SERVENTE	CARP.	AJ. PRAT	ARMAD	FUNC.	Total
TOP Serviços								-
CONSTRUSERVICE						17,00	1,00	18,00
EDM CONSTRUÇÕES						6,00	1,00	7,00
BLB		7,00	5,00					12,00
LCL (LUIZ CELESTINO)	1,00	2,00	15,00					18,00
DF PISO								-
Sub-Total	1,00	9,00	20,00	-	-	23,00	2,00	55,00
FALTA								
NOME	CHAPA	FUNÇÃO	OBSERVAÇÕES					
EDSON PAIXÃO DOS SANTOS		SERVENTE	FALTA					
GILVAN PEREIRA DA SILVA		PEDREIRO	FALTA					
JOSE HENRIQUE DA SILVA		CARPINTEIRO	INSS					
EFETIVO TOTAL NA OBRA (PESSOAL PRÓPRIO + EMPREITEIROS)								
								124,00

ADM / FIN / ALMOX / ESTAGIÁRIO

MESTRE DE OBRAS

Gerência Obra

Figura 5-2 - Exemplo de frequência efetiva diária

Nota: A frequência efetiva diária em escala real se encontra no ANEXO E.

5.5 ESTUDO DETALHADO DO PROJETO DE SPDA

Como descrito no corpo desse projeto, deve-se sempre estar estudando projetos da obra, levantando possíveis equívocos, conferindo dados, compartilhando hipóteses com demais profissionais técnicos, enfim, fazendo o ciclo PDCA girar em cada atividade de uma obra. Colocando tal teoria em prática, ao se estudar o projeto de instalações SPDA do estudo de caso, observaram-se alguns possíveis equívocos funcionais no projeto, que poderiam vir a ocasionar danos técnicos no futuro, caso houvesse necessidade do sistema de proteção contra descargas atmosféricas ser acionado.

Primeiramente, verificou-se um erro no não fechamento da gaiola de Faraday do prédio como um todo, tornando juntas laterais desprotegidas. O fechamento estava acontecendo apenas no “T” central, que sobe mais alto no prédio. Há duas juntas laterais, que vão até o pavimento Pilotis, que estavam totalmente desprotegidas. Apesar de ser bem menos provável de um raio atingir primeiramente um ponto mais baixo, se não houver fechamento da gaiola nesse ponto, pode ocorrer um desvio de corrente e consequente danificação do prédio.

Na Figura 5.3 é apresentado o projeto de instalações SPDA conforme estava no projeto aprovado para o prédio.

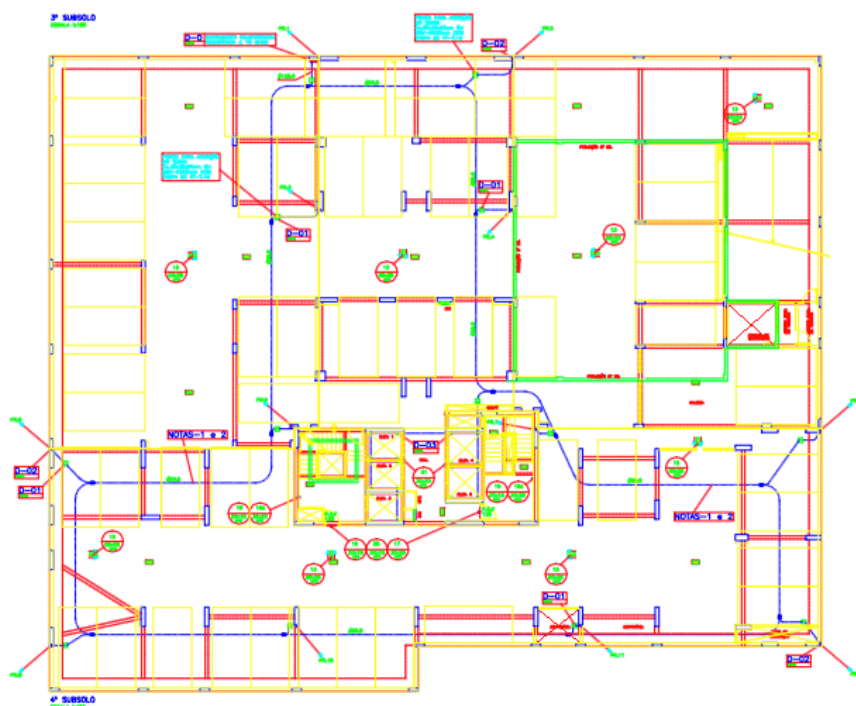


Figura 5-3 - Projeto de SPDA original para o 4º subsolo

Nota: O projeto de SPDA em escala original para o 4º subsolo se encontra no ANEXO F.

Percebe-se claramente que a malha de cordoalha cobre o T central, não protege duas partes laterais, o que pode vir a ocasionar danos futuros e deve ser evitado.

Em seguida, observou-se outro problema de projeto. Houve falha em todos os andares que dispunham de terraço descoberto, quanto à colocação de terminais aéreos e fechamento da malha. Esse erro foi localizado nos seguintes pavimentos do prédio: 9º, 11º, 13º, 15º, 17º, 18º e cobertura. O projeto mostrava uma descontinuidade clara da malha, o que poderia também trazer sérios riscos aos moradores e equipamentos que estivessem próximos à esses terraços. Na Figura 5.4, o projeto de um desses pavimentos, onde podemos ver a malha de ferro doce nas laterais do terraço, porém sem fechamento indicado.

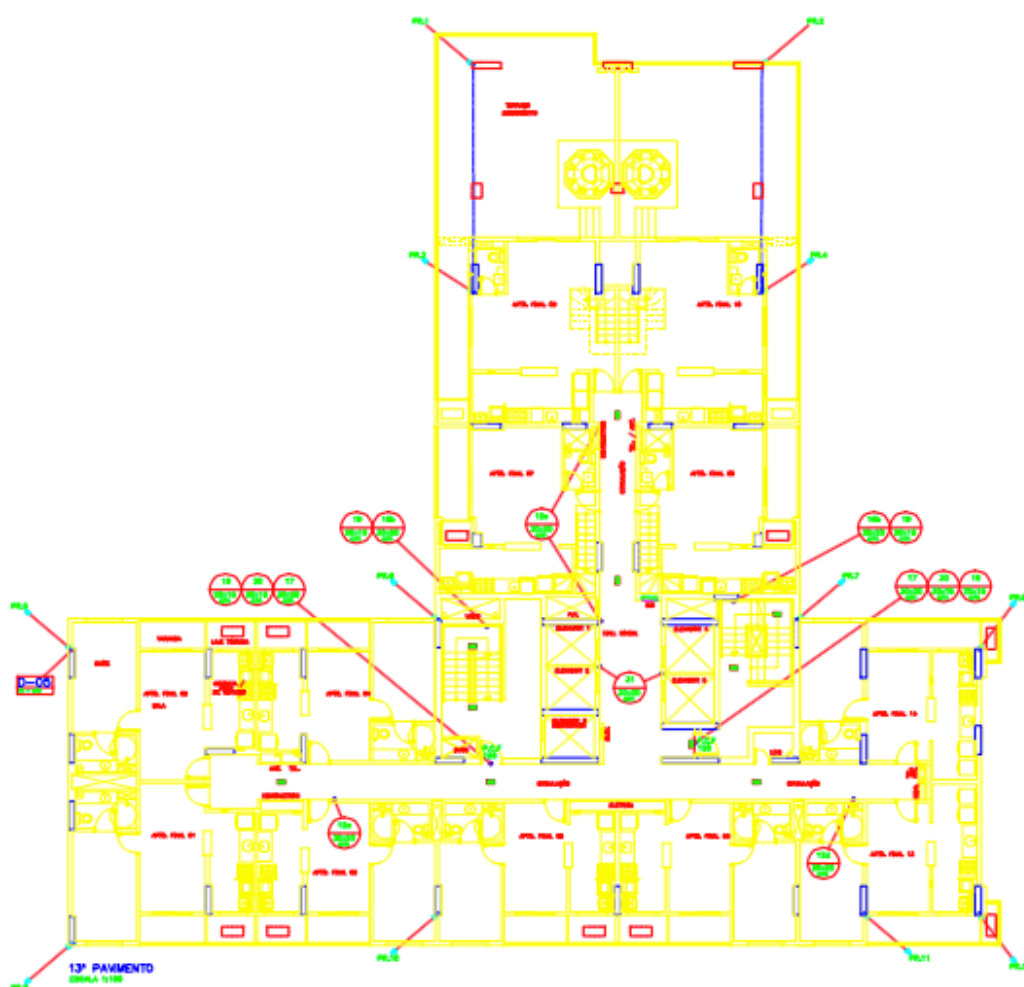


Figura 5-4 - Projeto de SPDA original para o 13º pavimento, com terraço descoberto.

Nota: O projeto de SPDA em escala original para o 13º pavimento se encontra no ANEXO G.

O próximo erro verificado foi na parte de aterramento. Foram dois erros graves de projetos, provavelmente causados por falta de compatibilização do projeto com o terreno. Como já foi descrito anteriormente nesse trabalho, o estudo de caso se situa em terreno com complicações em relação aos aspectos geotécnicos.

Além das vibrações oriundas do metrô, e da baixa qualidade do solo, em termos estruturais, o maior problema no caso do projeto de aterramento foi a desconsideração da presença abundante de água subterrânea na região do prédio. Para se ter noção de tal abundância, o prédio necessita de drenos com 4 bombas funcionando ininterruptamente jogando essa água para um reservatório, e então recalando para a galeria de águas pluviais. Foi criada uma estrutura toda atirantada, em uma laje de subpressão, de cerca de 30 centímetros de espessura.

Caso não se fizesse uma solução tão robusta como a que foi adotada, a água presente poderia levantar o prédio, realmente o caso é extremamente complexo. Os tirantes só poderão entrar em estado de tensão máxima quando o prédio estiver em carga, e há afloramento constante de água na cabeça desses tirantes, tamanha a pressão que ela exerce sobre a estrutura.

A partir dessa peculiaridade de água abundante nessa edificação, o projeto de SPDA apresentado continha sérios problemas. A caixa de inspeção de medição de aterramento, que serve para medir a continuidade do aterramento, e sua resistividade, foi apresentada conforme Figura 5.5:

Pelo detalhe apresentado para a caixa de inspeção, e sabendo do caso atípico da obra, percebe-se que certamente ocorreriam infiltrações e a água iria aflorar por essa estrutura, caso fosse executada dessa maneira.

Por mais que a caixa em alvenaria apresentada no projeto fosse feita toda em concreto armado, com espessura razoável para conter a água, tem-se dois pontos críticos nessa estrutura, que são justamente os pontos de entrada da cordoalha na estrutura. Sabe-se que a cordoalha é uma malha de fios trançada, por mais blindade que a caixa seja, a água agindo em forte pressão certamente infiltrará por essa malha trançada, visto que é praticamente inexequível impermeabilizar totalmente uma interligação onde um dos materiais está em forma de trança, com vários vazios internos.

D
2

DETALHE PARA ATERRAMENTO EM BLOCOS e TUBULÕES

SEM ESCALA

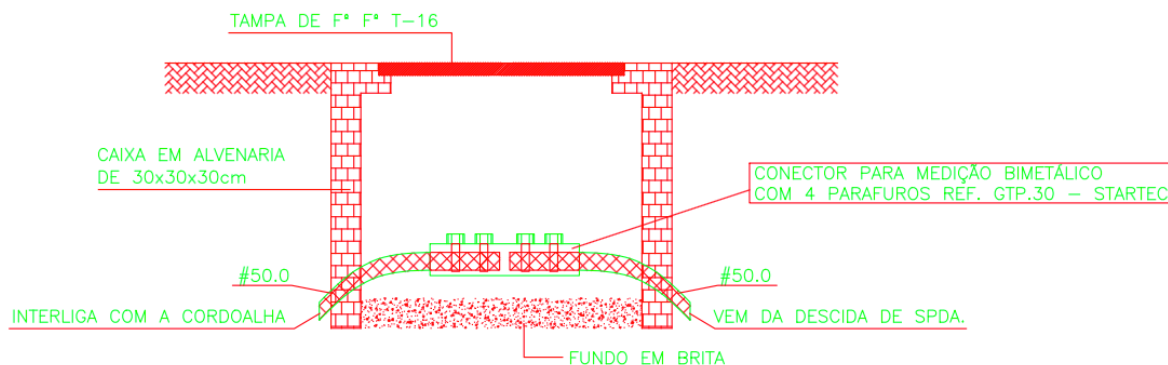


Figura 5-5 - Caixa de inspeção para medir continuidade e resistividade do aterramento

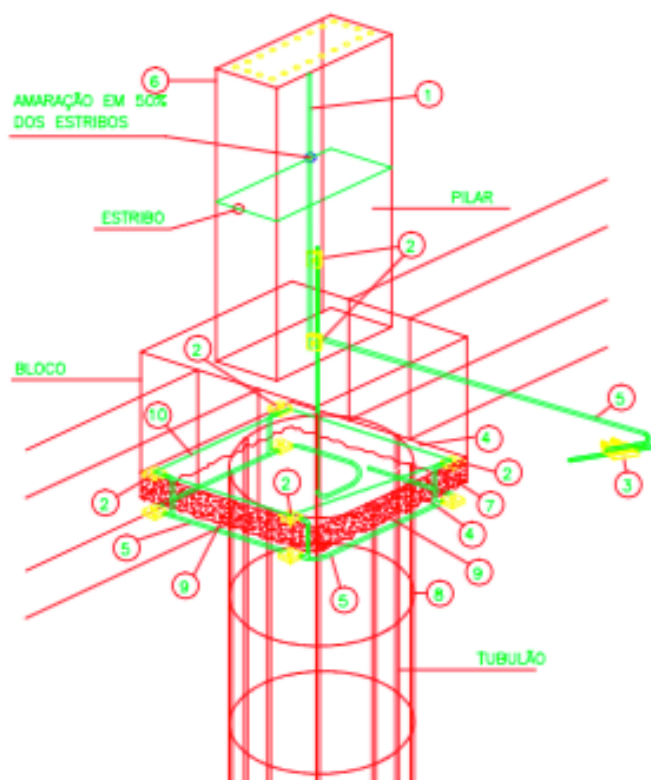
Nota: O detalhe para caixas de inspeção em escala original se encontra no ANEXO H.

Também na parte de aterramento, não se observou no projeto a presença de hastes de aterramento, dissipando a possível energia elétrica advinda de fenômenos naturais para o solo.

A ferragem com baixa resistência, designada para transmitir a descarga ao solo, estava terminando na cabeça dos tubulões, nos blocos nos pés de pilares. Isso poderia gerar um problema de magnitude gravíssima, visto que dependendo da magnitude da descarga, ela poderia gerar uma corrente enorme nos pés dos pilares e, caso houvesse algum dano nessa região estrutural, comprometeria o prédio inteiro, e assim a vida de várias pessoas.

Na Figura 5.6 uma imagem do projeto nessas condições citadas. Pode-se ver que a ferragem realmente está morrendo junto com o bloco que encabeça a fundação e serve de base para transmissão de esforços que chegam ao pilar. O ideal é pegar a energia proveniente dessa ferragem e dissipar ao máximo possível no solo, por questões de segurança.

LEGENDA DO DETALHE DE ATERRAMENTO:	
1	— AÇO CA 25 $\phi 3/8"$ ADICIONADO AO PILAR
2	— CONECTOR TIPO PRENSA CABO DE LATÃO $\phi 3/8"$ x $\phi 50,0$ mm ²
3	— CONECTOR TIPO PRENSA CABO DE COBRE AMERION OU SIMILAR $\phi 50 \times 50$ mm
4	— CABO DE COBRE $\phi 50,0$ mm ² NÔ FIXADO NA FACE INFERIOR DA ARMADURA DO BLOCO, SOB A CAMADA DE BRITA FIXADO POR CONECTORES
5	— CORDOALHA DE COBRE $\phi 50,0$ mm ² A 1 METRO DAS FUNDAÇÕES COM PROFUNDIDADE MÍNIMA 50 Cm
6	— PILAR
7	— BLOCO
8	— TUBULÃO OU ESTACA
9	— CAMADA DE BRITA
10	— 1ª FERRO DA GAIOLA DO BLOCO



OBS:

- 1 — O FERRO CA-25 $3/8"$ ESTÁ LIGADO AS FERRAGENS DO BLOCO e PILARES (ITEM 5.1.3.6 DA NBR.5419)
- 2 — RESISTÊNCIA MÁXIMA DE ATERRAMENTO ≤ 10 OHMS
- 3 — O FERRO CA.25x $3/8"$ ADICIONAL DO SPDA, DEVERÁ TER AMARRAÇÃO NOS ESTRIBOS DO PILAR NO MÍNIMO 50%
- 4 — VÁLIDO PARA TODAS AS DESCIDAS

Figura 5-6 - Detalhe retirado de projeto original sobre execução de aterramento

Nota: O detalhe para execução de aterramentos em escala original se encontra no ANEXO I.

5.6 HIPÓTESE DE MUDANÇA DE PROJETO

A partir dos problemas localizados com o estudo detalhado do projeto de SPDA, tornou-se necessária sua correção, a fim de garantir um bom funcionamento desse sistema, se requerido. Primeiramente, na questão do fechamento da malha, optou-se por realizar uma correção do projeto extendendo a malha para fora do T central, cobrindo as duas laterais, antes descobertas. Isso ocasionou em um custo maior, ampliando a malha final de cordoalha de cobre nú para o 4º subsolo, e malha de ferro doce para as decidas e demais fechamentos da estrutura de SPDA. Além da parte do prédio que vai do subsolo ao Pilotis, havia sido detectado em todos pavimentos que possuíam terraço uma ausência de fechamento de malha, que também foi corrigida e aprovada por engenheiro eletricitista responsável, para ser executada na obra.

Nas Figuras 5.7 e 5.8, estão essas duas correções, tanto na parte inferior do prédio, como nos terraços na parte superior.

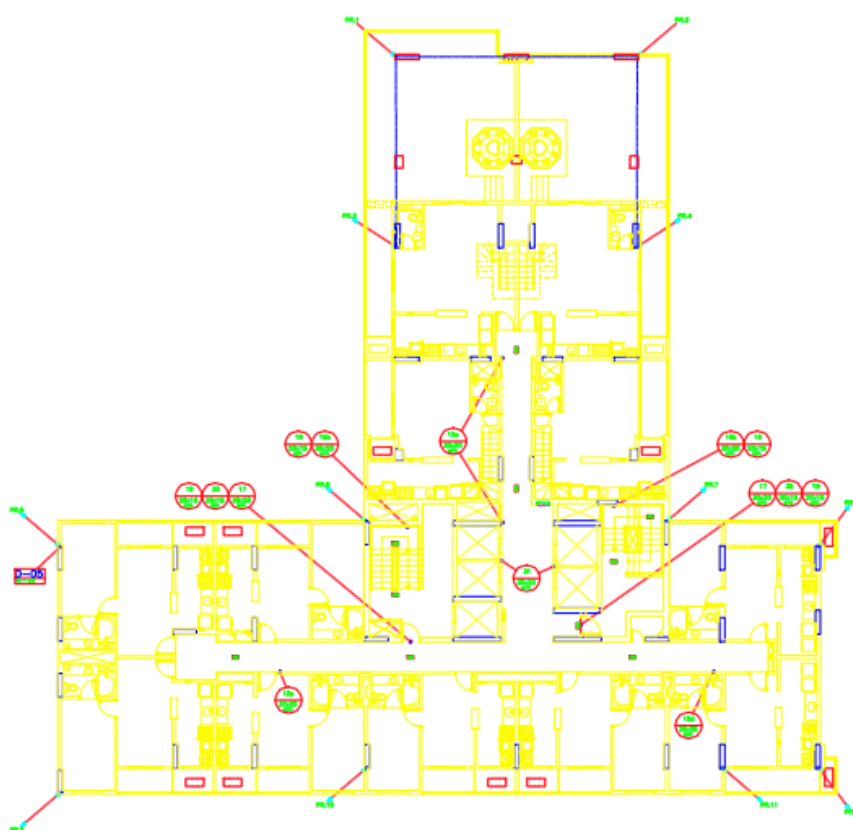


Figura 5-7 – Sugestão de reformulação de projeto para pavimentos com terraço descoberto

Nota: A sugestão de mudança para projeto de SPDA em pavimentos com terraço descoberto em escala aumentada se encontra no ANEXO J.

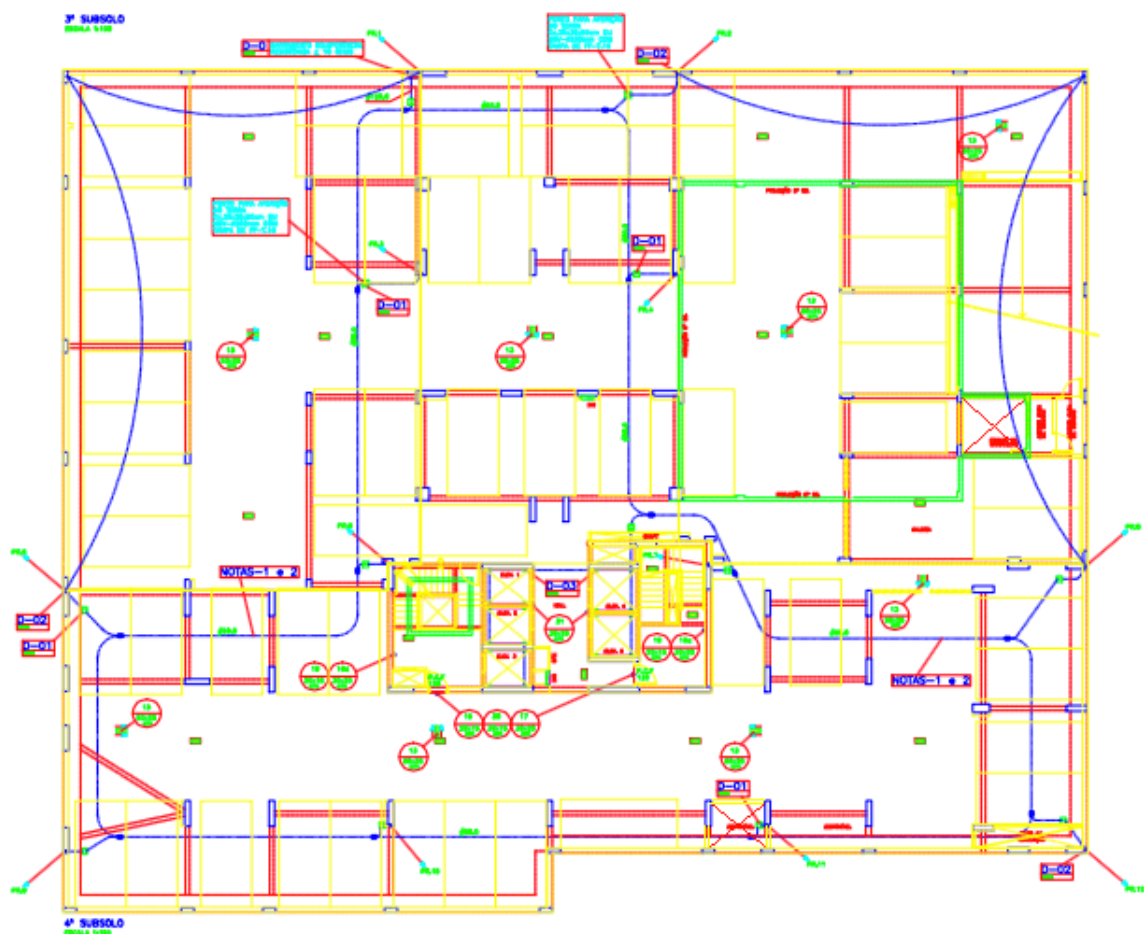


Figura 5-8 – Sugestão de reformulação de projeto para malha do 4º subsolo (e pavimentos até o Pilotis)

Nota: A sugestão de mudança para projeto de SPDA para malha de 4º subsolo em escala aumentada se encontra no ANEXO L.

Pode-se perceber um completo fechamento da malha, feita essa correção. Assim, a gaiola de Faraday está realizada conforme a norma delimita e diminui-se o risco de uma corrente advinda de fenômeno natural adentrar na edificação de forma prejudicial para moradores e equipamentos elétricos, tendo-se uma edificação segura.

Com relação ao aterramento, a solução é mais complexa. Visto toda especificidade de pressão de água na região, a laje atirantada que compõe o último subsolo, e de espessura de 30 centímetros para conter a pressão da água, levantou diversos problemas quanto à disposição da caixa de inspeção para medir a continuidade e a resistência do aterramento, e também da dispersão de energia que ocorreria nos blocos de fundação, caso o SPDA fosse requerido.

No que se diz respeito à dispersão de energia, optou-se por aplicar quatro hastes de aterramento 5/8" x 2400mm nos cantos dos blocos, linkando-as à cordoalha pré-existente em projeto. Assim, a garantia de dispersão de energia no solo e manutenção da função estrutural da fundação, essencial para a edificação, é bem mais considerável.

Já para a disposição da caixa de inspeção, subiu-se a cordoalha de cobre nú pelos pilares nos quais chegavam às descidas de projeto, e então criou-se uma desconectização da cordoalha embutida no meio do pilar, colocando duas partes da cordoalha desconectadas para fora do pilar no momento da concretagem dos mesmos.

Sendo assim, pode se realizar a medição do aterramento, sem riscos de promover um ponto de infiltração, e ainda tem-se um ponto de fácil acesso para conexão do sistema. Na Figura 5.9, apresenta-se um esquemático de como foi feita a correção no aterramento, e uma foto de um pilar que dispõe de descida no estudo de caso, com a desconectização do sistema exemplificada. Subiu-se a caixa de inspeção para evitar contato com a água, e destrinchou a malha de cordoalha de cobre nú em quatro hastes de aterramento para melhor dissipação de energia.

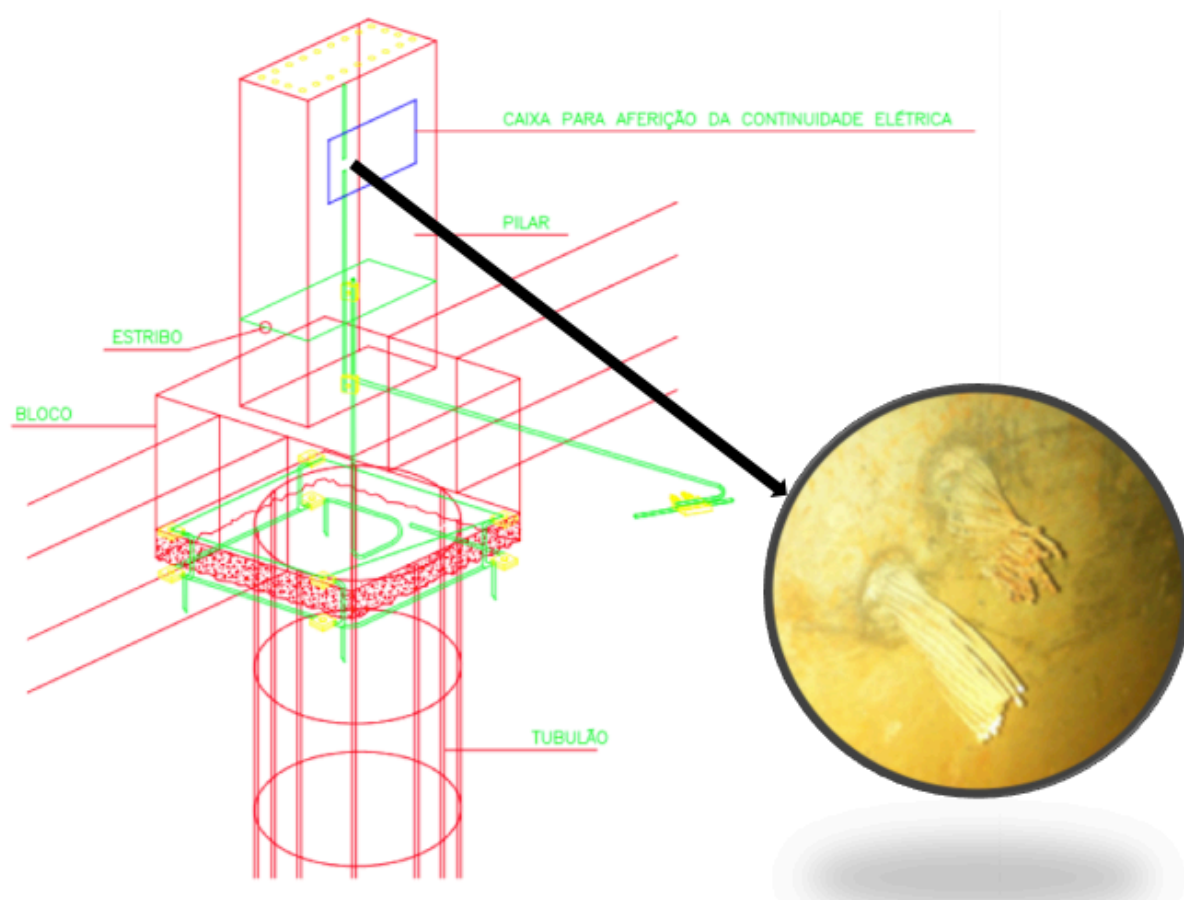


Figura 5-9 Sugestão de mudança no aterramento e na medição de aterramento.

Nota: A sugestão de mudança para o aterramento e medição de aterramento em escala aumentada se encontra no ANEXO M.

Assim, se embutirá uma caixa no pilar, e a aferição do sistema de aterramento pode ser realizada sempre que necessário. Quando em uso, um conector bimetálico unirá as duas pontas e o sistema funcionará como previsto na norma, essa foi a medida encontrada para se solucionar o problema oriundo da ausência de compatibilização do projeto com o terreno local. Pode-se perceber na Figura 5-9 a sugestão para mudança na alocação da caixa de inspeção de medição para o meio do pilar já executada, evitando transtornos oriundos da pressão da água na região. Foto do dia 19 de janeiro de 2015.

6 CONCLUSÕES

Para se chegar aos valores descritos no corpo desse projeto, realizou-se um estudo aprofundado nas plantas referentes as instalações SPDA designadas para o estudo de caso, bem como estudo detalhado da Norma ABNT NBR 5419, referente a tais instalações, para que se tivesse embasamento técnico para sugerir as mudanças que foram descritas nesse projeto. Conclui-se que tais mudanças sugeridas estão cobertas pela norma, e quando executadas por completo, irão desempenhar sua função de forma desejável.

Com relação ao planejamento global da obra, pode-se dizer que se observa em praticamente todas as obras no Brasil perda de prazo em diversas atividades ocasionada por falta de planejamento adequado, o que pode comprometer seriamente o andamento da obra global, combinado com execução da mesma às pressas. Também, depois de determinado serviço executado, caso se perceba algum desvio, deve-se refazer o serviço feito, o que gera um custo muito maior que o inicial, se houvesse mais investimento em projeto e planejamento antes da fase de execução. Apesar da especificidade desse projeto em instalações SPDA, optou-se por desenvolver todo embasamento teórico e prático acerca de planejamento de obras, para se entender como se chegou à hipótese de necessidade de revisão do projeto original.

Como foi descrito no projeto, o SPDA representa apenas 0,027% do custo total da obra. Valor irrisório, porém extremamente importante no quesito segurança. Sendo assim, como o projeto inevitavelmente deveria ser corrigido, pois se não fosse estaria oferecendo riscos aos moradores e equipamentos do prédio caso uma descarga elétrica ocorresse. O presente projeto procurou mostrar os ganhos de tal correção em tempo hábil, como foi feita no estudo de caso.

Erros podem ser cometidos, ainda mais se tratando de algo tão importante como a construção civil. Por isso é interessante se conferir os projetos. O exemplo desse trabalho observou o problema antes de qualquer instalação de SPDA ser executada, o que tornou o custo de retrabalho nulo.

Realizando uma comparação com uma situação utópica onde o edifício estivesse concluído, e percebem-se então os erros de projeto descritos nesse trabalho, é certo que o prejuízo seria bem maior, segundo a Regra de Sitter, poderia equivaler a 125 vezes o custo inicial designado para a atividade. Ainda mais pelo fato de se tratar de um sistema de segurança, onde se leva em conta a vida de várias pessoas. Fica como legado desse projeto

uma reflexão acerca da importância da compatibilização dos projetos em todos os setores da construção civil.

Fica como sugestão para projetos seguintes o aprofundamento no tema de compatibilização de projetos, visto que há uma carência de estudos e informações nesse parâmetro multidisciplinar. Vale ressaltar que essa multidisciplinariedade é essencial para um bom andamento de uma obra, já que o sistema global de uma obra é composto de diversos subsistemas trabalhando conjuntamente, e certas vezes de forma solidária, para que se tenha o desempenho global da obra como o desejável. Há um iminente crescimento na informática em softwares de compatibilização de projetos, como é o caso do software BIM, que vem ganhando o mercado e os braços das construtoras cada vez mais, justamente por apresentar uma compatibilização do sistema global e prever desvios, possibilitando uma correção em tempo hábil dos mesmos, e execução desejável da obra.

BIBLIOGRAFIA

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Elaboração de Projetos de Obras de Engenharia e Arquitetura - NBR 5679 /1977

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas - NBR 5419/2005

ARDITI, David; TOKDEMIR, Onur B.; SUH, Kangsuk. Challenges in line-of-balance scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management.*, pp. 545-556, nov/dez 2002.

CREDER, H. Instalações elétricas. 15ª Ed. LTC, 2007, 440p.

CREDER, H. Instalações hidráulicas e sanitárias. 6ª Ed. LTC, 2007, 423p.

FIGUEIREDO, F. C. Planejamento e controle de empreendimentos. Apostila, 2005, 52p.

GOLDMAN, P. Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil Brasileira. PINI, 2004, 176p.

HELENE, P. A Nova ABNT NBR 6118 e a Vida Útil das Estruturas de Concreto. UFRGS, 2004.

KERZNER, H. Gerenciamento de Projetos – Uma abordagem sistêmica para planejamento. 1ª Ed. EDGAR BLUCHER, 2011, 662p.

LARA, Francisco de Assis. Manual de propostas técnicas: como vender projetos e serviços de engenharia consultiva. 2ª Ed. São Paulo: PINI, 2002.

LIMMER, C. V. Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras. Rio de Janeiro: LTC, 1997, 225p.

MELO, M. Gerenciamento de Projetos Para a Construção Civil. 1ª Ed. BRASPORT, 2011, 522p.

MATTOS, A.D. Planejamento e controle de obras. 1ª Ed. PINI, 2010, 420p.

MATTOS, A.D. Como preparar orçamentos de obras. PINI, 2006, 281p.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos – Guia Pmbok® - 4ª Ed. 2008, 496P.

VARGAS, R. V. Manual prático do plano de projeto – Utilizando o Pmbok huide - 5ª Ed., Brasport, 2014, 288p.

VARGAS, R. V. Gerenciamento de Projetos - 7ª Ed., Brasport, 2009, 308p.

VERZUH, E. The Portable MBA in Project Management. 1ª Ed. JOHN WILEY PROFESSIONAL, 2003, 456p.

SITTER, W.R. Costs for Service Life Optimization. The “Law of Fives”. In: CEB-RILEM Durability of Concrete Structures, 1984.

TCPO: Tabela de composições de preços para orçamentos. 13ª Ed. São Paulo: PINI, 2008.

TISAKA, M. Orçamento na construção civil. Consultoria, projeto e execução. PINI, 2ª Ed. revisada, PINI, 2011, 470p.